Grundzüge der Keramik

von

Dr. W. Pukall.



Coburg 1922.
Verlag von Müller & Schmidt.

Grundzüge der Keramik

von

Dr. W. Pukall.



Coburg 1922.

Verlag von Müller & Schmidt.

Vorwort.

Das vorliegende Buch ist das Ergebnis langjähriger Erfahrungen auf dem noch ziemlich neuen Gebiet des keramischen Unterrichtswesens, wenigstens soweit es seine technische Seite angeht. Wie das schon im Jahre 1907 bei Ferdinand Hirt in Breslau erschienene Werkchen des Verfassers „Keramisches Rechnen" ist auch dieses Buch auf chemischer Grundlage aufgebaut worden. Es geht wie jenes von der durch Erfahrung gefestigten Ueberzeugung des Verfassers aus, daß wirkliche Fortschritte im Groß- wie im Kleinbetriebe nur an der Hand möglichst tiefgreifender Stoff- und Sachkenntnis, nicht durch mechanische Uebertragung s. g. Rezepte herbeigeführt werden können.

Die Errungenschaften der Naturforschung sind weder ein nutzloser Stapelartikel noch ein Spielzeug für wenige. Wie sie das bei anderen Zweigen des Wirtschaftslebens in so glänzender Weise bewiesen haben, so können sie endlich auch in der Tonindustrie zur Herbeischaffung wirtschaftlicher Werte beitragen. Es ist ein besonderer Vorzug gerade der grundlegenden chemischen und physikalischen Forschungsergebnisse, daß sie, richtig angewendet, auch da noch Licht verbreitend und befruchtend wirken können, wo so manche von den übrigen mit ihren Strahlen nicht mehr hingelangen, d. h. ihrem Sinne nach nicht mehr verstanden werden können, ich meine in den Werkstätten des Handwerks.

Daraus folgt, daß das vorliegende Werk es von vornherein ablehnt, ein ödes Rezeptbuch vorstellen zu wollen. Es ist dazu bestimmt, dem Lehrer ein Leitfaden und Gehilfe beim Unterricht im Laboratorium zu sein, der ihm zahllose Wiederholungen ein und der nämlichen Sache vor den Schülern erspart, dem Schüler aber ein Wegweiser, Führer, Ordner und stets bereiter Berater, welcher ihm das Verständnis für seine Tätigkeit eröffnet und so mit treuer und sicherer Hand in das Wesen der keramischen Technik einführt, in der es früher oder später gilt, aus eigener Kraft ein schöpferisches Wirken zu entfalten. Deshalb ist auch der Grundzug des ganzen Lehrganges derjenige, Schule und Praxis stets in engster Verbindung miteinander zu erhalten, führend zwar und anregend zu wirken, aber immer im Rahmen der industriellen Möglichkeiten und

immer auf für diese ebenfalls gangbaren Wegen. Denn nur so kann der in die Praxis eintretende Fachschüler sich in dieser alsbald heimisch fühlen, nur so kann diese von ihm sachliche und fördernde Tätigkeit und sein Aufgehen in dem ihm liebgewordenen Beruf erwarten. Nur auf diesem Wege endlich kann es gelingen, auch wieder ein auf festen Füßen stehendes, lebendiges und aus eigener Kraft weiterwachsendes Kleingewerbe zu schaffen.

Es braucht kaum erwähnt zu werden, daß der Stoff, welcher wohl zum ersten Mal in ein kurzes Lehr- und Lernbuch eingezwängt wird, sich als einigermaßen spröde erwies. Der Mangel an scharf umgrenzten Gattungen der Tonwaren macht eine durchgreifende Gliederung fast unmöglich. Eine weitere Schwierigkeit ergab der Umstand, daß die Arbeitsverfahren bei den verschiedenen Warengattungen sich im Grunde gleichen, aber doch auch wieder Eigenheiten aufweisen. Dadurch werden Wiederholungen fast unvermeidlich. Wo es anging, sind sie indessen auf besonders wichtige Vorgänge beschränkt worden.

Fremdwörter wurden überall da vermieden, wo gleichbedeutende deutsche Bezeichnungen ohne den Sinn zu stören zur Verfügung standen.

Wegen der unvermeidlichen Schwächen und Fehler, welche einem solchen ersten Versuch immer anhaften, bitte ich meine Leser nicht bloß um Nachsicht, sondern zum Zwecke der Abstellung dieser mir auch durch Hinweise darauf ihren Beistand zu leihen, wie das gelegentlich der Herausgabe des „Keramischen Rechnens“ in so dankenswerter Weise der Fall war. Meiner dankbaren Anerkennung können sie in jedem Falle gewiß sein.

Bunzlau, im Juni 1922.

Dr. W. Pukall.



Inhalts-Verzeichnis.



Einleitung.

Die Töpferei, eine der ältesten Betätigungen menschlichen Gewerbefleißes, hat während ihres jahrtausendelangen Bestehens, während ihres Emporwachsens von einfachster handwerklicher Betätigung zu einer großen Industrie die mannigfachsten Entwickelungen durchgemacht und während dieses Zeitraums ebenso verschiedenartige Erzeugnisse zu Tage gefördert. Darunter befinden sich solche mit dunkelfarbigem und solche mit reinweißem Scherben. Beide Gruppen lassen sich wieder in solche mit porösem und solche mit dichtem Scherben scheiden. Dadurch werden vier Hauptgruppen gewonnen, nämlich: Irdenware und Steinzeug einer- und Steingut und Porzellan andererseits. Dabei mag alsbald hervorgehoben werden, daß scharfe Grenzen zwischen diesen Hauptgruppen sowohl wie zwischen den noch folgenden Unterabteilungen sich überhaupt nicht ziehen lassen, sondern daß überall Uebergänge und Zwischenstufen vorliegen, welche bald der einen, bald der anderen Gruppe zugeteilt zu werden pflegen.

Bei der großen Gruppe der **Irdenware** kann man weiter zwischen der **groben** und der **feinen** unterscheiden. Die Unterabteilungen umfassen fernerhin **unglasierte** und **glasierte** Waren. Zu der groben **unglasierten** Irdenware zählen nicht nur die allereinfachsten, mit der Hand geformten, schwach gebrannten Tongerätschaften aus vorgeschichtlicher Zeit, sondern auch die später auf der Drehscheibe gebildeten, bezw. in Formen erzeugten, auch beim Brennen sorgfältiger behandelten rohen Gebrauchsgeräte und Ziegeleierzeugnisse vom Altertum bis zur Gegenwart. Es gilt das sowohl von den gewöhnlichen Mauer- und Dachsteinen wie auch von den z. T. reichverzierten, für Bau- und für mannigfache sonstige Zwecke verwendeten sogen. Terrakotten. Hierher gehört als Erzeugnis der Neuzeit neben den Blumentöpfen und Drainröhren nicht minder auch die ungemein wichtige Gruppe der Schamottewaren, welche der mit hohen Temperaturen arbeitenden Industrie ein unentbehrliches Hilfsmittel zur Herstellung glutwiderständiger Apparate und ebensolcher Ofenräume liefert.

Die **glasierte** grobe Irdenware begegnet uns zunächst in den billigen, handfesten Gebrauchsgeschirren für den einfachen bäuerlichen Haushalt, von denen sich freilich die nicht unbedeutende Gruppe der irdenen Kochgeschirre abzweigt. Ferner sind die teilweise oder ganz glasierten gewöhnlichen Bauterrakotten und Fliesen, in welchen letzteren beiden Erzeugnissen die orientalischen Völkerschaften (Araber, Perser, Türken, Inder) von jeher Mustergiltiges geleistet haben, die gewöhnlichen schmucklosen Oefen und die grobglasierten Ziegelsteine (einfache Verblender) hierher zu rechnen. Auf diesem letzterwähnten Gebiet sind besonders die teil-

weise noch unerreichten Leistungen der alten Aegypter, mehr noch diejenigen der Babylonier, Assyrer und Perser rühmend hervorzuheben. Einfach behandelte, grobe Ziergeräte finden sich in dieser Gruppe gleichfalls vor.

Zur feinen **unglasierten** Irdenware gehören die aus feinerem Tonrohstoff gefertigten und in künstlerischer Hinsicht sorgfältiger behandelten Bauterrakotten und Fußbodenfliesen, desgleichen die unterschiedlich und z. T. hochkünstlerisch behandelten Vasen, Figuren und Figurengruppen für die mannigfachsten Gebrauchs- und Verzierungszwecke. Zu erinnern ist hier, abgesehen von den neuzeitlichen Leistungen auf diesem Gebiet, insbesondere an die Blütezeit der altgriechischen Keramik, deren Erzeugnisse noch heute Bewunderung erregen.

Sehr umfangreich ist das Gebiet der **feinen glasierten Irdenware.** Sie umfaßt alle aus feinerem farbigen Rohstoff erstellten und bei der Fabrikation mit größerer Sorgfalt behandelten Waren mit porösem Scherben, welche zum größten Teil Verzierungszwecken dienen und Ziergeräte darstellen. Ihnen gebührt die vielfach falsch angewandte historische Bezeichnung Majolika. Zu dieser Gruppe gehören denn auch die sorgfältiger und künstlerischer ausgeführten Majolikaöfen und Heizkörperverkleidungen, die feineren Verblender, die große Gruppe der glasierten Wandfliesen mit dunkelfarbigem Scherben und die feinen Bauterrakotten.

Eine ebenfalls hier anzugliedernde Gruppe für sich bildet die historische Fayence, welche in früheren Jahrhunderten den Markt beherrschte, dann aber dem Steingut und dem Porzellan das Feld räumen mußte. Der Scherben unterscheidet sich von dem der Irdenware nur durch seinen Kalkgehalt, der bis zu 30 v. H. und mehr an kohlensaurem Kalk im ungebrannten Zustande ansteigen kann. Seine Farbe ist infolgedessen hellgelb. Diese beiden Eigenschaften befähigen ihn zum haarrissefreien Tragen der durch reichlichen Zinnoxydgehalt opak, d. i. undurchsichtig gemachten, weißen Schmelz- oder Fayenceglasur, welche ihrerseits wiederum imstande ist, die reizvollsten farbigen Verzierungen durch Malerei aufzunehmen. Es sei nur an die hervorragenden Leistungen, welche die Blütezeit der italienischen sog. Majolika hervorgebracht hat und an diejenigen der französischen, holländischen und deutschen Fayencekunst erinnert. Die Schmelz- oder auch Emailware diente aber nicht nur dem Bedarf an Luxusgeräten, sondern lieferte während des ganzen 18. Jahrhunderts auch das für die mannigfachsten Zwecke verwendete, stets reichverzierte Gebrauchsgeschirr des Haushaltes. Auch die noch heute mit Recht bewunderten plastischen Schöpfungen der Familie della Robbia für die architektonische Verzierung der Innenräume von Kirchen und Palästen braucht nur hin-

gewiesen zu werden. Durch das neuzeitliche Steingut und Porzellan verdrängt, beschränkt sich die Fayencefabrikation in der Gegenwart nur auf einige wenige minderwertige Gebrauchsgeschirre, auf Wandfliesen und auf die Herstellung der immer noch geschätzten einfachsten Fayence- oder Schmelzkachelöfen.

Die Grundlage für die Fabrikation aller bisher genannten Gattungen keramischer Erzeugnisse, abgesehen von den Schamottewaren, welche der großen Gruppe der Irdenware angehören, bilden Tone von geringer Feuerfestigkeit, deren Schmelzpunkt demjenigen der Gare sehr nahe liegt, so daß deren Brenntemperatur 850 bis etwa 1050° C nicht zu übersteigen pflegt.

Die nächste große Gruppe keramischer Erzeugnisse mit dunkelfarbigem, aber dichtem Scherben bildet das **Steinzeug,** ein in Europa, zumal in Deutschland während des Mittelalters auftretendes Erzeugnis. Es verdankt seine Entstehung Tonen, welche an Bildsamkeit diejenigen, aus welchen die Irdenware hervorgeht, ganz bedeutend überragen, indessen arm an Flußmitteln, wie kohlensaurem Kalk, Eisenoxyd und alkalihaltigen Mineraltrümmern sind. Sie bedürfen infolgedessen zur Verfestigung durch das Brennen viel höherer Hitzegrade, welche zwischen 1200 bis etwa 1300° C liegen. Wegen ihrer Armut an Eisenoxyd herrscht die graue oder blaugraue Farbe des Scherbens vor, welche bei Anwesenheit größerer Mengen einer Schokoladenfarbe oder doch wenigstens einem mehr oder weniger dunklen Braun Platz macht. In letzterer Hinsicht sind vielfache Uebergänge zum Irdengeschirr vorhanden, so daß manche Steinzeugartikel auch zu diesem gerechnet und als „gesinterte", „gefrittete" oder „geklinkerte" Irdenware bezeichnet werden.

Die Gliederung der vorhandenen Erzeugnisse kann ganz so wie beim Irdengeschirr vorgenommen werden. Man unterscheidet hier **grobe** und **feine** Ware. Erstere gliedert sich wieder in unglasierte und solche, die mit Salz- oder Lehmglasur glasiert ist, letztere in unglasierte und mit künstlichen Glasuren versehene. Die Gruppe des europäischen Feinsteinzeugs gehört der allerjüngsten Zeit an und ist noch wenig ausgebaut.

Zum groben, unglasierten Steinzeug ist fast nur die gewöhnliche dichtgebrannte Fußboden- und Bürgersteigfliese zu rechnen. Weil das Steinzeug von jeher besonders zur Herstellung von Gebrauchsgeräten, namentlich Trinkgeschirren verwendet wurde, so machte sich auch das Bedürfnis nach einer Glasierung des sonst rauhen Scherbens bemerkbar. Eine solche war in der Eigenschaft der Steinzeugtone, im hocherhitzten Zustande mit Kochsalzdämpfen behandelt, eine schöne, glatte Oberfläche anzunehmen, gegeben. Zu dieser ausgedehnten Gruppe gehören fast ausnahmslos alle mit dem Namen Steinzeug bezeichneten Erzeugnisse des Mittelalters,

wie das rheinische, flandrische, französische und englische Steinzeug. Eine andere Möglichkeit zum Glasieren des Steinzeugs bot die Eigenschaft mancher Lehme, in der Hitze des Steingutofens zu mehr oder weniger zähflüssigen, durch Eisenoxydulgehalt braunschwarzgefärbten, schlackenartigen Glasuren zusammenzufließen. Einige von diesen besitzen die Eigenschaft, während des Abkühlens oberflächlich eine sehr gefällige, braune Farbe anzunehmen.

Das gab dann Veranlassung, die Steinzeuggeräte mit einer dünnen Schicht eines so beschaffenen Glasurlehmes, der sogen. Farbe zu überziehen und dann zu brennen. Nicht nur Gebrauchsgeräte für den Haushalt (Bunzlauer Geschirr) erscheinen in dieser Farbe, sondern insbesondere — z. T. in Verbindung mit Salzglasur — auch die in großen Mengen fabrizierten Kanalisationsartikel und die z. T. Riesenabmessungen annehmenden Gebrauchsgeräte für chemisch-technische Zwecke.

Das **unglasierte Feinsteinzeug** aus besonders ausgewählten, feinkörnigen oder durch besondere Aufbereitung zugerichteten Tonen begegnet uns zunächst in einer mit Recht immer größere Wichtigkeit erlangenden Ware, der Fußbodenfliese. Sie kommt in den mannigfachsten Farben sowie mit und ohne feine, erhabene Verzierungen, welche sich zu den reizendsten Mustern zusammenfügen lassen, auf den Markt und ist von hervorragender Dauerhaftigkeit. Eine Abart stellt das aus zahlreichen kleinen, farbigen Steinzeugbrocken zusammengesetzte Tonmosaik dar. Es ist selbstverständlich, daß auch Wand- und Deckenbeläge mit ähnlichem Erzeugnis in geeigneter Weise ausgeführt werden können.

Weil das Feinsteinzeug mit geeignet zusammengesetztem Scherben sich für die Aufnahme von Glasuren aller Art besonders gut eignet und sein Scherben bei großer Härte zugleich eine hervorragende Widerstandsfähigkeit gegen scharfen Temperaturwechsel besitzt, so ist versucht worden, nicht nur die bisher dargestellten Steinzeuggebrauchsgeräte zu verfeinern, sondern auch andere, bisher nicht aus Steinzeug gefertigte Gebrauchs- und Ziergeräte sowie Wand- und Deckenfliesen daraus zu gewinnen und auf den Markt zu bringen, wie China und Japan das von jeher getan haben. Die große Dichte und Härte des Scherbens macht die Feinsteinzeugmasse zugleich zur Herstellung eines großen Teils jener Gebrauchsartikel, die in den chemischen Laboratorien zur Verwendung kommen, hervorragend geeignet.

Die große Gruppe des **Steinguts** gehört bereits den keramischen Waren mit rein weißem, aber porösem Scherben an. Sie ist im Grunde genommen weiter nichts als eine feine Irdenware mit weißbrennendem Scherben und führt daher auch in ihrem Ursprungslande, England, den Namen Earthenware. Ihre Entstehung ver-

dankt sie dem Vorkommen weißbrennender, hochfeuerfester Tone und sogen. Kaoline und ging aus den Versuchen, das aus China und Japan s. Zt. eingeführte Porzellan nachzuahmen, hervor. Seine Brenntemperatur im unglasierten Zustande, dem sogen. Schrühbrand, liegt, genau wie beim Steinzeug, zwischen 1200—1300° C, im glasierten Zustande dagegen, ähnlich wie beim Irdengeschirr, zwischen 950 und 1050° C. Schrüh- und Glasurbrand sind also getrennt. Es kommt fast ausschließlich im glasierten Zustande vor, und in diesem können zwei nach dem Aufbau des Scherbens verschiedene, große Gruppen unterschieden werden, nämlich das Kalk- und das Feldspatsteingut. Ersteres enthält den billigen kohlensauren Kalk in Form von Schlämmkreide, letzteres den im Preise höher stehenden Feldspat als sogen. Flußmittel. Kalkgehalt erniedrigt zugleich die Brenntemperatur. Selbstverständlich sind auch Zusammenlegungen zwischen beiden zulässig.

Während das Kalksteingut also das billigere, verzierte und unverzierte Gebrauchsgeschirr liefert, sowie die anspruchsloseren Gerätschaften für gesundheitliche Zwecke, wird dem Feldspatsteingut die feinere Ware verdankt, welche nicht nur in Form von teils sehr reich verzierten Gebrauchsgeschirren, sondern auch in Gestalt der mannigfachsten, reichgeschmückten Zier- und Luxusgeräte auf dem Markt erscheint. Ebenso wird der Bedarf an gediegenem Gesundheitsgeschirr aus Feldspatsteingut gedeckt, sofern hierzu nicht sogen. Halbporzellan in Frage kommt, welches aus Steingut mit vermehrtem Flußmittelgehalt besteht. Das Steingut als solches ist ein neuzeitliches Erzeugnis, dessen Ursprung auf England zurückgeführt wird.

Nicht weit diesseits der Grenze zwischen Altertum und Mittelalter liegt der Ursprung der letzten und edelsten Gruppe der keramischen Erzeugnisse, nämlich derjenige des **Porzellans.** Seine noch in Dunkel gehüllte Entstehung ist in China zu suchen, wo es im 9ten Jahrhundert bereits bekannt war. Im Vergleich zum europäischen Porzellan trägt dieses entschieden Feinsteinzeugcharakter. Immerhin gab es die Veranlassung zur Entdeckung des ersteren. Europa wurde seine Darstellung erst durch die Bemühungen und den Erfolg Johann Friedrich Böttgers in Meißen im Jahre 1709 und in den folgenden Jahren geläufig. Ebenso wie das Steingut verdankt es bei hoher Temperatur weißbrennenden Tonen, in erster Linie den mit geeigneten Flußmitteln, wie Feldspat, versetzten Kaolinen sein Dasein. Es erscheint in der Hauptsache nur in glasierter Form im Handel, besitzt dichten Scherben und wird nach einem vorangegangenen gelinden Verglühbrande bei ca. 950° C mitsamt der Glasur in einem Feuer bei etwa 1300—1550° C fertiggebrannt. Sein Scherben ist weiß und lichtdurchlässig (transparent), eine Eigenschaft, welche das

Porzellan von allen bisher erwähnten Tonarten scharf unterscheidet. Die Bezeichnung „Porzellan“ ist gleichwohl nur ein Sammelbegriff für eine ganze Reihe von ähnlichen, aber hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung verschiedenartigen Erzeugnissen. Als zwei große Gruppen können zunächst das **Fritten-** und das **Feldspatporzellan** angesehen werden. Das erstere bildet den Uebergang zum Steingut und wird auch nicht selten mit diesem gemeinsam und in derselben Weise gewonnen. Das englische Knochen- oder Beinporzellan wird durch Zusatz von phosphorsaurem Kalk (gebrannten Rinderknochen) zum Kaolin erhalten. Seine Garbrenntemperatur fällt mit der des Feldspatsteinguts zusammen. Die französische pâte tendre artificielle, welche der Einführung des Kaolinporzellans in Frankreich voranging, besteht wesentlich aus Kalkmergel mit geeigneten Glasfritten versetzt, also nahezu unbildsamen Rohstoffen. Es ist daher auch strenggenommen mehr ein den Gläsern als den Tonwaren zuzuzählendes Erzeugnis. Etwas Ähnliches gilt vom Parian und sonstigen vom Markt fast verschwundenen Warengattungen.

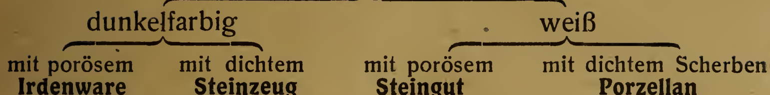
Die Feldspatporzellane, deren Flußmittel eben aus Feldspat besteht, während die übrigen wesentlichen Bestandteile Quarz und insbesondere Kaolin sind, können in solche für niedrige, mittlere und hohe Brenntemperatur getrennt werden, ohne daß doch scharfe Grenzen zwischen den einzelnen Abarten gezogen zu werden vermöchten. Die erstere Gruppe (Brennhitze etwa 1300°) bildet zugleich den Uebergang zum Feinsteinzeug. In erster Linie sind hierzu die meisten sogen. Porzellane aus China und Japan zu rechnen, von denen viele durchaus den Charakter des glasierten grünlichgrauen Feinsteinzeugs an sich tragen. Hiermit verwandt ist das Segerporzellan, welches ja mit bewußter Anlehnung an die erwähnten ostasiatischen sogen. Porzellane geschaffen worden ist.

Zu den Erzeugnissen für mittlere Brenntemperatur (etwa 1350 bis 1400° C) sind die meisten französischen hochlichtdurchlässigen Porzellane zu rechnen, welche bei hohem Feldspat- und Quarzgehalt nicht selten eine Kalkbeigabe von 2—3 v. H. aufweisen, durch welche die Lichtdurchlässigkeit nicht unbeträchtlich erhöht wird. Diesen Porzellanen sind auch eine große Anzahl der in Deutschland und Oesterreich angefertigten beizuzählen.

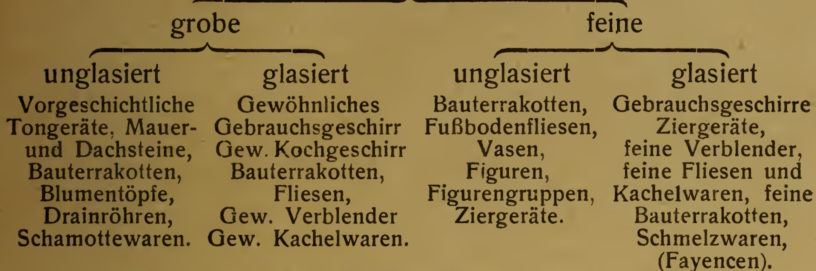
Sehr hoher Temperaturen zur Herstellung ihres eigentlichen sog. Hartporzellans (etwa 1400—1550°) bedienen sich insbesondere die beiden deutschen Staatsmanufakturen Meißen und Berlin, deren Porzellane tonsubstanzreich und flußmittelarm, insbesondere kalkfrei sind, infolgedessen in Bezug auf Lichtdurchlässigkeit von den vorgenannten nicht selten übertroffen werden.

Zur nochmaligen Zusammenfassung des Ganzen diene die nachfolgende Uebersicht:

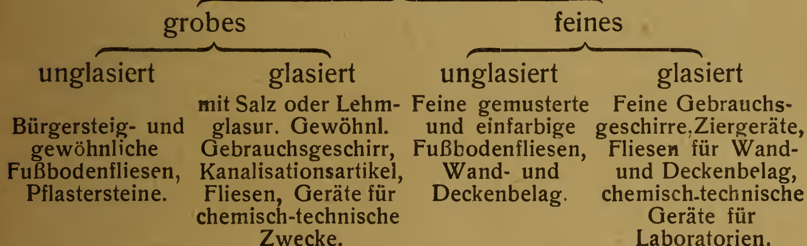
Tonwaren



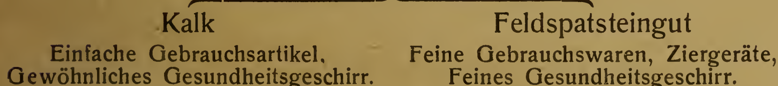
Irdenware



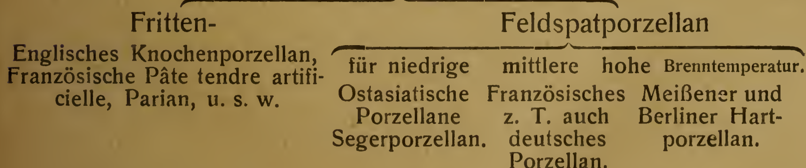
Steinzeug



Steingut.



Porzellan.



Die obige Zergliederung der gesamten Tonwarenerzeugnisse ist dem nachfolgenden Text zu Grunde gelegt worden.

Allgemeiner Teil.

I. Rohstoffe.

Die in der Einleitung erwähnten, recht mannigfachen und recht verschiedenartigen Erzeugnisse der Tonwarenindustrie setzen das Vorhandensein ebenso vieler und in ihren Eigenschaften voneinander abweichenden Rohstoffe voraus, insbesondere der bildsamen, welche ja die Grundlage für die ganze Fabrikation abgeben. Es sind das die Tone und tonigen Erdarten, welche in erster Linie einer näheren Betrachtung zu unterziehen sein werden.

A. Bildsame Rohstoffe.

Die Tone sind Erdarten, welche entweder aus fast reiner kieselsaurer Tonerde ($2\,SiO_2 \,.\, Al_2O_3 \,.\, 2\,H_2O$) bestehen oder doch eine größere oder geringere Menge von dieser Substanz neben Beimengungen anderer Mineraltrümmer enthalten. Sie sind aus dem Zerfall feldspathaltiger Gesteine, wie Granit, Gneis, Syenit, Porphyr und anderen hervorgegangen. Je nachdem tief eingreifende, chemische Einwirkungen das Gestein zersetzten „kaolinisierten" oder lediglich der normalverlaufende Verwitterungsprozeß tätig war, entstanden aus dem Feldspat, welcher demZerfall in erster Linie ausgesetzt ist, entweder reine, alkalifreie, kieselsaure Tonerde oder mehr oder weniger alkalihaltige Stoffe, deren Zusammensetzung in erheblichen Grenzen schwankt. Erstere, d. h. die alkalifreien Substanzen, führen, sofern sie sich, vermengt mit den übrigen, nicht verwitterten Gesteinsbestandteilen, wie Quarz und Glimmer auf ursprünglicher (primärer) Lagerstätte befinden, den Namen „Kaolin". Wurden sie, wegen ihrer feinen Verteilung, durch Wasserfluten dem groben Gesteinsschutt entzogen und unvermischt mit anderen Stoffen an anderen Stellen, vielleicht in nächster Nähe ihrer Ursprungsstätte wieder abgesetzt, so bildeten sie Lager von hochfeuerfesten, weiß brennenden Tonen auf zweiter (sekundärer) Lagerstatt, denen man zuweilen noch Kaolincharakter beimißt. Fanden dagegen unterwegs Mischungen mit anderen mehr oder weniger feinverteilten, der normalen Gesteinsverwitterung ihren Ursprung verdankenden Stoffen statt, so entstanden, je nach der Art und der Menge der Beimischung, mehr oder weniger wertvolle Tone, ebenfalls auf zweiter Lagerstatt.

Alles das gilt in gleicher Weise von den tonigen Produkten, welche durch Wasserfluten dem aus der normalen Ver-

witterung hervorgegangenen Gesteinsschutt entzogen und an anderer Stelle wieder abgelagert wurden. Wurde der auf zweiter Lagerstatt ruhende Gesteinsschutt, welchen die Gletscher der Eiszeit hinterließen, durch Gewässer gesichtet, und wurden die feinen tonigen Bestandteile an anderer Stelle wieder abgesetzt, so entstanden Tone auf dritter (tertiärer) Lagerstätte. Sie sind, wie viele andere Tonlager, aus reinem Verwitterungsschutt, ohne Kaolinbeimengung, hervorgegangen und stellen in der Regel die geringwertigsten, unter dem Namen Lehm, Letten, Löß, Mergel bekannten Tonarten dar.

Zwei Eigenschaften dieser Erdarten sind es, welche sie zu industrieller Verwertung geeignet machen, nämlich die ihnen allen in größerem oder geringerem Maße eigene Bildsamkeit oder Plastizität im feuchten Zustande und ihr Verhalten bei erhöhter Temperatur. Vermöge der erstgenannten Eigenschaft gelingt es, diese mit Wasser angefeuchteten Erdarten in einen knetbaren Zustand überzuführen, in welchem die einzelnen Bestandteile nicht nur mit Zähigkeit aneinander haften, sondern die so erhaltene „Masse" läßt sich auch in jede beliebige Form bringen, welche nach dem Trocknen und auch im Feuer beibehalten wird. Der Grad der Bildsamkeit ist, wie schon angedeutet, bei den verschiedenen Tonarten außerordentlich wechselnd, so daß selbst ganz gleich zusammengesetzte eine ganz verschiedene Bildsamkeit aufweisen können. Man unterscheidet demnach fette und magere Tone und Zwischenstufen zwischen beiden.

Die andere ausschlaggebende Eigenschaft, das Verhalten der Tone bei erhöhten Hitzegraden, bezieht sich auf ihre Fähigkeit, sich im Feuer, ohne Schmelzungserscheinungen zu zeigen, unter Beibehaltung der ihnen gegebenen Form zu verdichten und je nach der physikalischen und chemischen Beschaffenheit des Rohstoffs und der Höhe der angewandten Temperatur eine gewisse Härte anzunehmen. Bei Glutsteigerungen, welche über die Gare der Ware erheblich hinausgehen, tritt natürlich, unter dem Verfall der Form, Schmelzung ein. Der Garpunkt der Ware, d. i. derjenige Hitzegrad, bei welchem sie die besterreichbaren Eigenschaften für ihre Zweckbestimmung erlangt hat, ist daher von ihrem Schmelzpunkt wohl zu unterscheiden und genau festzustellen. Bei nicht wenigen Tonen liegen Gar- und Schmelzpunkt so dicht zusammen, daß Verluste durch Schmelzung oder Entformung kaum zu vermeiden sind (Irdenware), bei anderen wiederum sind Gar- und Schmelzpunkt sehr weit voneinander entfernt, bei wiederum anderen greifen dazwischen liegende Verhältnisse Platz.

Es ist einleuchtend, daß mit der zunehmenden Verdichtung des an sich porösen Tonrohstoffes im Feuer eine Raumverminderung,

d. i. ein Kleinerwerden, also eine Schwindung des Tongegenstandes stattfinden muß, welche schon beim Trockenprozeß beginnt und im Feuer zuweilen eine nicht unbeträchtliche Größe erreicht. Der Umfang dieser Schrumpfung ist in hohem Maße von der Zusammensetzung des Tones und dem Grad der Verdichtung abhängig. Feinkörnige, fette Tone schwinden in der Regel mehr als magere. Die Größe der Schwindung schwankt zwischen 3 bis 16 v: H.

Getrockneter Ton nimmt, mit Wasser angemacht, seine frühere Form mit allen ihren Eigenschaften wieder an, gebrannter Ton hat dagegen die Fähigkeit, im gepulverten Zustande mit Wasser eine bildsame Masse zu bilden, dauernd verloren, auch ist die in ihm enthaltene kieselsaure Tonerde nicht mehr imstande, das beim Glühen verlorene Hydratwasser wieder aufzunehmen.

Schon getrockneter Ton ist von zahllosen feinen Poren durchsetzt. Diese Porosität bleibt erhalten oder steigert sich noch im Feuer, sofern man die Erhitzung nicht bis zur beginnenden Verdichtung treibt. In diesem Zustand ist der gebrannte Ton imstande, Flüssigkeiten in ziemlich bedeutender Menge aufzusaugen. Für manche Gattung keramischer Waren ist dieses Verhalten, wenn auch nicht immer erwünscht, so doch ihrem Verwendungszweck nicht gerade hinderlich, sofern lediglich die im Feuer erlangte Festigkeit das Hauptziel ihrer Herstellung bildet (Irdenware, Steingut, Grobsteinzeug). Bei anderen, welche mit der Glasur zugleich fertiggebrannt werden und dichte Scherben besitzen (Steinzeug, Porzellan) wird dieser poröse Zustand des Scherbens durch vorhergehendes gelindes Brennen eigens hervorgerufen. Seine hervorragende Aufsaugefähigkeit für Flüssigkeiten dient dann dazu, beim Eintauchen in den Glasurbrei eine hinreichende Menge Glasurmischung festzuhalten und auf seiner Oberfläche in verdichtetem Zustand abzulagern.

Eine nicht unbedeutende Rolle spielt die Farbe der gebrannten Tonwaren. Sie ist abhängig von dem größeren oder geringeren Gehalt der Naturtone an eisenhaltigen Verbindungen, ohne oder mit gleichzeitiger Anwesenheit von Karbonaten der Erdalkalien, besonders des kohlensauren Kalkes. Die bei niederer Temperatur Rotfärbung bewirkenden Eisenverbindungen erfahren durch die Anwesenheit der letzteren eine Abwandlung nach Graugelb und Braun. Bei höheren Hitzegraden geht freilich auch bei Abwesenheit von Karbonat das Rot der Eisenverbindungen in Grau, Graubraun bis Braunschwarz über. Bei gänzlichem oder fast gänzlichem Fehlen der Eisenverbindungen erscheinen die selbst bei sehr hoher Temperatur gebrannten Tone, zumal die Kaoline oder die aus ihnen hergestellten Waren in rein- oder fast rein weißer Farbe.

Unter den mancherlei anderen physikalischen wie chemischen Eigenschaften der Tone und tonigen Gemenge ist besonders das Bindevermögen hervorzuheben, d. i. die Fähigkeit, ziemlich erhebliche Mengen sogen. Magermittel, wie Sand, Feldspat, Ziegel-, Schamottemehl und dergl. aufnehmen zu können, ohne daß sich die Bildsamkeit sehr erheblich ändert. Bei den Kaolinen wird sie durch nachheriges feuchtes Lagern der Mischung sogar nicht unbeträchtlich erhöht.

Viel zu wenig Beachtung pflegt von jeher der Dehnbarkeit der Tone beigelegt zu werden. Es ist ihre Eigenschaft, sich, wie Gummi, bis zu einem gewissen Grade strecken zu lassen, jedoch nicht wieder, wie dieser, in die ursprüngliche Lage zurückzukehren, vielmehr in gespanntem Zustand zu verharren. Viele Fabrikationsfehler sind auf die ungenügende Rücksichtnahme auf diesen Umstand zurückzuführen.

Von geringerer Bedeutung ist die Absorptionsfähigkeit der Tone für im Wasser gelöste Stoffe, wie doppeltkohlensauren Kalk, Eisen- und Aluminiumverbindungen und dergl. Wichtiger für die Verarbeitung ist die bei manchen Tonen mehr, bei anderen weniger ausgeprägte Eigenschaft, gegenüber schwach alkalisch oder schwach sauer gemachtem Wasser ein verschiedenes Verhalten zu zeigen. Alkalisches Wasser genügt oft schon in geringer Menge, um trockenes Tonpulver in einen breiförmigen, gießfähigen Zustand überzuführen; bei angesäuertem tritt im Gegenteil Ansteifung ein. Die nämliche Wirkung rufen unterschiedliche Salzlösungen hervor, die bald verflüssigend, bald versteifend wirken. Man macht sich in der Praxis zumal das Verhalten gegen Alkalien insofern zu nutze, als man bei Herstellung von Gießmassen erheblich an von der Form aufzusaugendem Wasser sparen kann und zugleich einen dichteren Scherben erhält.

Die Befreiung der Tone von ihren gröberen, oft unerwünschten Beimengungen erfolgt leicht durch den Schlämmprozeß, d. i. durch ihre Vermischung mit viel Wasser, in welchem die feinverteilten Stoffe, zumal die Tonsubstanz, sich längere Zeit schwebend erhalten, während die gröberen Bestandteile zu Boden sinken und somit leicht entfernt werden können.

B. Nicht bildsame Rohstoffe.

Weil die Natur die Tone nur selten in dem Zustande liefert, in welchem sie sich zu alsbaldiger Verarbeitung zu Tonwaren eignen, so bedarf es mannigfacher Zusätze, nicht nur von anderen Tonen, z. B. der Mischung eines allzufetten mit einem mageren, sondern auch an gänzlich unbildsamen Stoffen, wie Sand, Kreidepulver, Feldspat, Quarzpulver und dergl. So z. B. werden die Kaoline erst

durch gewisse Zusätze von Quarz und Feldspat zur Herstellung von Porzellan geeignet. Aber die unbildsamen Rohstoffe dienen nicht nur als Zusatzstoffe zur Masse, sondern auch zu den Glasurzusammenstellungen und endlich zur Herstellung der allerverschiedensten Verzierungsmittel, zumal der Farben. In dieser erweiterten Hinsicht ist ihre Anzahl so groß, daß sie hier nicht alle Erwähnung finden können. Es soll das nur mit denjenigen, welche in größter Menge zur Verarbeitung, sowohl zur Herstellung der Massen als auch der Glasuren kommen und daher in der Fabrikation neben den Tonrohstoffen den breitesten Raum einnehmen, geschehen. Zu ihnen gehören in erster Linie die folgenden:

Kieselsäure.

Obwohl die freie Kieselsäure bezw. das Kieselsäureanhydrid sich in Form von Quarzsand und Quarzbrocken, z. T. auch als Hydrat in jedem Ton vorfindet, wird es doch nicht selten notwendig, erhebliche Zuschläge zu den Arbeitsmassen, wie z. B. ganz regelmäßig beim Steingut und beim Porzellan, zu bewirken. Bei den beiden letzteren muß das schon deshalb geschehen, weil der im Kaolin oft reichlich vorhandene Quarz wegen seiner erheblichen Korngröße, zuweilen auch wegen seiner geringen Reinheit durch den Schlämmprozeß entfernt und durch feingemahlenen reinen Stoff ersetzt werden oder zum mindesten durch Mahlen, sei es des Masseversatzes selber, sei es des ausgeschlämmten Produktes für sich, durch Zerkleinerung für den Versatz geeignet gemacht werden muß. An für keramische Zwecke geeignetem Kieselsäurerohstoff finden sich in der Natur zunächst der Felsquarz, der Quarzsand und der Feuerstein, welche denn auch in größtem Maßstabe zur Verarbeitung gelangen. In geringerem Maße bedient man sich wohl auch des Quarzits und des Sandsteins, desgleichen der Quarzgerölle aus Flußbetten, wo sie in hinreichender Menge, aber nicht immer einwandfreier Reinheit zur Verfügung stehen.

Felsquarz sowohl wie Feuerstein, welch letzterer im Gegensatz zum ersteren nicht kristallinische, also amorphe Kieselsäure mit einem Glühverlust von 1,5—2⁰/₀ darstellt, müssen bei der Verarbeitung, ihrer Härte wegen, erst durch Glühen aufgelockert werden, ein Prozeß, der bei dem Feuerstein, eben wegen des geringen Wassergehalts, tiefgreifender als beim Quarz verläuft. Diese dem Quarz, auch dem kristallinischen, innewohnende Eigenschaft, im Feuer eine Volumenvergrößerung zu erfahren (sie kann bis zu 18 v. H. steigen) spielt in der Fabrikation insofern eine nicht unbedeutende Rolle, als bei quarzreichen Massen, wie sie besonders beim Steinzeug und bei den Porzellanen für niedere und mittlere Temperaturen gebräuchlich sind, bei Ueberfeuerung oder bei wie-

derholter Einwirkung hoher Hitzegrade ein Wachsen, d. h. eine bedeutende Auflockerung des Scherbens zum Nachteil der Ware stattfindet.

Weil der Feuerstein in Form von unregelmäßig geformten Knollen in der Kreide vorkommt, so schließt er, auch wenn es sich um bereits abgerollte und abgewaschene Stücke vom Meeresstrand handelt, nicht selten Kreidereste, also kohlensauren Kalk ein, weshalb seine Verwendung mehr für die Steingut- als für die Porzellanindustrie in Frage kommt.

Quarzsande sind, d. h. im gewaschenen Zustande, in so großer Reinheit erhältlich, daß man sich dieses bereits weitgehend vorzerkleinerten Rohstoffs, namentlich auch zur Gewinnung der Glasur, gern bedient. Eine Auflockerung durch Glühen findet wohl statt, ist aber zur Förderung der feinen Vermahlung nicht notwendig. Quarzit und Sandstein können, weil ihre Reinheit oft zu wünschen läßt, für feine Massen nur nach vorheriger Prüfung zur Verwendung empfohlen werden; das nämliche gilt von den Quarzbrocken des Flußbettes, welche bei der starken Zerklüftung des Quarzes nicht selten beträchtliche Mengen von färbenden Eisenoxydverbindungen mit sich führen, welche sich der äußeren Besichtigung entziehen.

Feldspate.

Die unzersetzten Muttergesteine der Kaoline und Tone bestehen vorwiegend aus Kieselsäure, Tonerde und Alkalien. Sie enthalten aber auch stets noch eingesprengten Quarz, sowie kleinere oder größere Mengen von Eisenoxyd, Kalk und Magnesia, so daß bei ihrer Auswahl zu keramischer Arbeit, besonders wenn es sich um weißen Scherben handelt, mit Sorgfalt verfahren werden muß. Lager von reinem Feldspat finden sich zumeist im Granit. Der für keramische Zwecke insonderheit in Betracht kommende Feldspat ist der O r t h o k l a s mit der chemischen Zusammensetzung $6\,SiO_2 \,.\, Al_2O_3 \,.\, K_2O$, welcher 64,75 Kieselsäure, 18,35 Tonerde und 16,90 Kaliumoxyd in 100 Gwt. entsprechen. Wegen der ständigen Beimengungen trifft das indessen immer nur annähernd zu. Natrium an Stelle des Kaliums enthält der weiße A l b i t, welcher indessen nur spärlich auftritt. Der Orthoklas oder Kalifeldspat findet sich in fast weißen, gelblichen, grauen aber auch roten bis ziegelroten Abarten. Der O l i g o k l a s, welcher gleichfalls reichliche Anwendung findet, ist etwas ärmer an Kieselsäure und tritt meist in grauem bis braunem Vorkommen auf. Er führt neben Natrium fast stets beachtenswerte Mengen an Calciumoxyd.

Die sonstigen Abarten, wie der grüne Mikroklin (Amazonenstein), der wasserhelle Adular, der glasige Sanidin, die zu den Pla-

gioklasen gehörenden Labrador und Anorthit kommen, abgesehen vom Oligoklas, für keramische Zwecke kaum in Betracht.

Die Feldspate verdanken ihre Verwendung als Flußmittel nicht nur ihrem Alkali- bezw. Alkali-Kalkgehalt, sondern auch dem Umstande, daß sie schon bei verhältnismäßig niederer Temperatur zu erweichen beginnen und in diesem nach und nach sich vervollständigenden zähen Schmelzfluß bis zu den höchsten Ofentemperaturen verharren, ein Umstand, der sich bei anderen Flußmitteln wie z. B. bei Kalkspat und sonstigen Kalkverbindungen nicht findet und diese daher für keramische Zwecke als weniger vorteilhaft erscheinen läßt.

Die Feldspate besitzen eine hervorragende Spaltbarkeit, so daß sie sich durch Druck oder Schlag leicht zerkleinern lassen. Sie finden nicht nur als Masseversatzmittel, sondern wegen ihrer hervorragenden Löslichkeit in Glasflüssen auch für die Darstellung der mannigfachsten Glasuren Verwendung.

Pegmatite.

Als Ersatzmittel für Feldspat dienen, selbst für weiße Waren, nicht selten Pegmatite, teils im unzersetzten, wie derjenige von St. Yrieix, teils im halbkaolinisierten Zustande, wie der vielverwendete englische Cornishstone und das Ströbeler, Regensburger und Tirschenreuther Vorkommen. Pegmatite im unverwitterten Zustande sind Gemenge von vorwiegend Quarz und Feldspat (Schriftgranit); in verwitterter Form enthalten sie außerdem noch mehr oder weniger Kaolin.

In allen denjenigen Fällen, wo es auf die weiße Farbe des Scherbens nicht so sehr ankommt und der Feldspat lediglich als Flußmittel zu dienen hat, kann man wohl auch die folgenden Ersatzmittel in Anwendung bringen:

Pechstein, vulkanisches Glas, ähnlich dem Obsidian. Er findet sich in braunen bis schwarzen, gelbgrünen und grünlichgefärbten Abarten und ist wahrscheinlich aus geschmolzenem Porphyr hervorgegangen.

Porphyre sind Gemenge von Feldspat und Quarz mit mehr oder weniger Gehalt an Eisenoxyd. Ihr Schmelzpunkt liegt in der Nähe desjenigen des Feldspats. Fehlen die für Porphyr charakteristischen Quarz- bezw. Feldspatkristalle in der dichten Grundmasse, so führt das Gestein den Namen:

Felsit oder Felsitporphyr. Dieser letztere ist, namentlich im verwitterten Zustande, nicht selten so eisenarm, daß er zuweilen auch zu rein weißem Scherben Verwendung finden kann. Seine

chemische Zusammensetzung ist wie bei den Pegmatiten und den Porphyren schwankend.

Granite sind kristallinische Gemenge von Feldspat, Quarz und Glimmer in wechselnden Verhältnissen und nicht unbeträchtlichem Gehalt an färbendem Eisenoxyd. Ihre Anwendung ist gering, indessen dort, wo zerbröckeltes Gestein in hinreichender Menge erhältlich ist, und Weiße des Scherbens nicht erfordert wird, nicht von der Hand zu weisen.

Trachyte sind kieselsäurereiche Gemenge von Alkalifeldspaten, wie Sanidin u. Albit. Ihre Schmelzbarkeit und chemische Zusammensetzung ist sehr verschieden und bedarf in jedem Falle der Anwendung sorgfältigster, vorhergegangener Prüfung.

Basalte sind alkaliarme, kalk-, tonerde- und eisenoxydulhaltige, braunschwarzgefärbte, wie der Trachyt und viele andere aus vulkanischem Schmelzfluß hervorgegangene Gesteine von verschiedener Zusammensetzung und abweichenden Schmelzpunkten, welche um Sk 9 und 11 herum liegen.

Melaphyre und **Grünsteine** unterscheiden sich vom Basalt nur durch stärkeren Alkali- und geringeren Kieselsäuregehalt.

Kalkgesteine.

Wie schon erwähnt wurde, ist das Calciumoxyd als Flußmittel für Massen wegen seiner zu schroffen Wirkung nicht beliebt, findet sich indessen dennoch teils von Natur, z. B. bei den Fayencemassen, teils durch Zusatz, wie z. B. beim Kalksteingut und in der Form von Knochenasche beim englischen Knochen- oder Beinporzellan darin vor. Reichlicher ist seine Verwendung zu Glasurzwecken. Das reinste Vorkommen von Kalkspat, kohlensaurem Kalk ($CaCO_3$), in der Natur ist der

Marmor, welcher in kristallinischer Form als grauweiß gefärbtes, kantendurchscheinendes Gestein bekannt ist. Weniger reine Formen des kohlensaures Kalkes sind:

Kreide, Kalkspat und **Kalkstein,** welche indessen für viele Zwecke, wo es auf besondere Vorsicht gegenüber geringen Verfärbungen nicht so sehr ankommt, vollkommen ausreichend sind. Besonders der erstgenannte Rohstoff ist es, welcher bei Fayencemassen sowohl, als auch beim Kalksteingut als Zusatz zur Masse Verwendung findet, im ersteren Fall, sofern der Ton nicht bereits kalkhaltig ist, bis zu 25 und 30, im letzteren von 15—20 v. H.

Kreide, welcher zugleich einige tonige Substanzen beigemengt sind, führt den Namen **Kalkmergel**. Solche, bei welcher der Kalk gegenüber dem Ton in den Hintergrund tritt, jedoch über 30 v. H. beträgt, wird als **Tonmergel** bezeichnet. Auch diese Rohstoffe sind,

sofern sie nur wenig Eisenoxyd führen, für keramische Massen und Glasuren verwendbar. Ihre Zusammensetzung muß freilich in jedem Fall bekannt sein.

Dolomit ($MgCO_3 . CaCO_3$) ist eine Mischung von kohlensaurem Kalk und kohlensaurem Magnesium im Molekularverhältnis. Dieses Verhältnis ist indessen nicht selten nach der einen oder anderen Richtung verschoben und infolgedessen vor dem Gebrauch durch Analyse festzustellen. Das Gestein findet als Massezusatz nur gelegentlich örtliche Anwendung, indessen erfreut es sich einer immer günstigeren Aufnahme als Glasurrohstoff. In seinem reinsten Vorkommen ist es von Marmor nur schwer zu unterscheiden.

Flußspat (CaF_2) findet nur hier und da als Glasurrohstoff Beachtung. Sein wirksamer Bestandteil ist lediglich das Calcium, während das Fluor bei höheren Hitzegraden sich in Form von Siliciumfluorid verflüchtigt.

Gips ($CaSO_4 + 2\,H_2O$), schwefelsaurer Kalk, ist zwar in älteren Versätzen hier und da noch als Glasurrohstoff anzutreffen, in der Gegenwart indessen kaum noch in Anwendung. Seine Eigenschaft hingegen, im gepulverten Zustande auf 100—120° erhitzt einen Teil seines Kristallwassers abzugeben und dann, mit Wasser angemacht, wieder zu erhärten, „abzubinden", macht ihn gleichwohl zu einem unentbehrlichen Rohstoff für keramische Arbeit. Er dient zur Herstellung der zahllosen Modelle, Einrichtungen und vor allen Dingen der Arbeitsformen. Beim Erhitzen auf 130° geht schon ein Teil seiner Abbindefähigkeit verloren und bei 200° verliert er diese ganz; er ist dann „totgebrannt". Beim „Brennen" des Gipses ist daher größtmögliche Vorsicht vonnöten. Feuchtes Aufbewahren ist zu vermeiden. — Die verschiedenen natürlichen Vorkommen liefern nicht alle eine gleich gute Ware, daher ist vor der Wahl einer Marke stets durch den Versuch festzustellen, ob sie sich für den angestrebten Zweck eignet.

Knochenasche ist im wesentlichen phosphorsaurer Kalk ($Ca_3 [PO_4]_2$) neben etwas Magnesiumphosphat, Calciumkarbonat und Fluorcalcium. Sie besteht aus dem unverbrennlichen Teil der Knochen und ist, sofern lediglich Rinderknochen gewählt werden, reinweiß. Sie bildet neben Kaolin bis zu 40 und 50 v. H. einen Hauptbestandteil des englischen Knochen- oder Beinporzellans, welches einen Uebergang vom Steingut zum eigentlichen Porzellan bildet.

Magnesiumgesteine.

Als vornehmster, natürlich vorkommender Rohstoff zur Hergabe von Magnesiumoxyd dient der

Magnesit, auch Bitterspat genannt, chemisch Magnesiumkarbo-

nat ($MgCO_3$). Er bildet meist derbe, knollige Massen, die durch Eisenoxyd grau bis braungelb gefärbt sind. Für feinkeramische Zwecke kommen lediglich die reinweißen Marken in Betracht, welche vorzugsweise zur Glasurdarstellung in Frage kommen.

Dolomit fand bereits bei den Kalkgesteinen Erwähnung.

Speckstein (Steatit), wasserhaltiges Magnesiumsilikat, bildet blätterige, schuppige, auch dichte Gesteinsmassen. Das graue Pulver wird im Feuer weiß. Das Mineral diente früher zur Herstellung sehr lichtdurchlässiger Porzellanmassen, aus denen man sogen. Lichtschirme oder Lithophanien fertigte. Zuweilen eignet sich das Gestein auch als Versatzmittel zur Glasur, sofern seine Zusammensetzung durch Analyse vorher genau ermittelt wurde.

Bariumgesteine.

Schwerspat, schwefelsaures Barium ($BaSO_4$), fand wohl hin und wieder als Zusatz zur Masse Verwendung, hat indessen in der Gegenwart nur noch wenig Bedeutung. Der eigentliche Rohstoff zur Hergabe von Bariumoxyd ist der

Witherit, chemisch Bariumkarbonat ($BaCO_3$), welcher sich in der Natur in großer Reinheit vorfindet. Seine Wirkung ist der des Kalkes und der Magnesia sehr ähnlich.

Strontiumverbindungen.

Von diesen sind zu nennen der

Cölestin, Strontiumsulfat ($SrSO_4$), und der

Strontianit, Strontiumkarbonat ($SrCO_3$). Von beiden gilt nahezu das nämliche, wie von den Bariumverbindungen, indessen sind sie in ihrer Wirkung mehr dem Calciumoxyd an die Seite zu stellen.

Titanverbindungen.

Rutil, Titandioxyd (TiO_2), findet sich als Begleiter von Quarz in vielen Feldspat und Quarz führenden Gesteinen, so z. B. im Granit, als dunkelbraunes, derbes Mineral. Rutil diente früher dazu, um der Porzellanglasur eine leichte Elfenbeinfarbe zu verleihen; in neuerer Zeit hat seine Mitwirkung mehr den Zweck, gewisse Glasurwirkungen (Kristallglasuren) zu erzielen. Im Reduktionsfeuer färbt er die Glasuren zuweilen tief kobaltblau.

Manganverbindungen.

Braunstein, Pyrolusit, chemisch Mangansuperoxyd (MnO_2) dient zur Herstellung von braunviolett und hellbraun gefärbten Glasuren.

Verschiedene Verbindungen.

Unter dieser Rubrik ist die ganze unübersehbare Reihe jener Rohstoffe zusammengefaßt, welche insbesondere zur Herstellung der leichtflüssigen Glasuren, Flüsse, Emails, Farben usw. Verwendung finden, aber meist nicht mehr als Naturprodukte, auch nicht mehr in so großen Mengen, wie die Zusammenstellungen der Massen und der Glasuren für Massenware sie erfordern, sondern in Form von chemischen Verbindungen, wie die chemische Fabrik sie in den Handel bringt. Eine Uebersicht findet sich in des Verf. Keram. Rechnen 3. Aufl. S. 25.

C. Hilfsrohstoffe.

Zu den Hilfsrohstoffen, ohne die eine geregelte Fabrikation von Tonwaren nicht denkbar ist, gehören vor allen Dingen die Brennstoffe. Für alle diejenigen Waren, welche mit Hilfe der Gipsform gestaltet werden müssen, gehört wohl auch der Gips in diese Reihe, desgleichen diejenigen feuerbeständigen Tone, aus welchen die Schamottesteine, Kapseln, Platten und der sonstige Zubehör zum feuersicheren Ausmauern der Oefen, zum Schutz und zum Aufbau der Ware im Ofen und dergl. dienen. Nun ist aber der Gips bereits im vorhergegangenen Kapitel im Zusammenhang mit den Kalkrohstoffen abgehandelt worden, die Schamottewaren aber bilden einen eigenen Fabrikationszweig, welcher bei der Irdenware zur Abhandlung kommt. Darnach bleiben lediglich die Brennstoffe übrig.

Zu diesen gehören Holz, Torf, Braun- und Steinkohlen. Wenn auch das Holz in der Vergangenheit als unentbehrlich zur Herstellung von Tonwaren erschien, so zwang bei der Ausbreitung dieser Industrie doch die Not sehr schnell, sich nach anderen Brennstoffen umzusehen. In denjenigen Betrieben, in welchen leicht reduzierbare blei- oder blei- und zinnoxydhaltige Glasuren in Anwendung sind, ist wohl auch gegenwärtig noch Holzfeuerung im Gange, indessen geht sie wegen der Knappheit und der damit verbundenen Preiserhöhung ständig zurück. Am beliebtesten ist das Kiefernholz wegen seiner leichten Verbrennbarkeit und seiner Flammenentwickelung, obwohl auch die anderen Hölzer nicht zu verwerfen sind, sofern Erhältlichkeit und Preis ihre Anwendung gestatten. Die mit dem Torf gemachten Erfahrungen sind nicht besonders ermutigend gewesen, so daß dieser Brennstoff nur dort in Anwendung kommt, wo er sich im Verhältnis zu anderen durch billige Erstellung auszeichnet und seine überaus starke Flugaschenentwickelung die Ware nicht beeinträchtigt.

Viel stärker greift die Braunkohle in die Betriebe ein, zumal überall dort, wo mildere Hitzegrade in Frage kommen, wie bei der

Fabrikation der Irdenware, zumal für Bauzwecke, des Steinzeugs und des Steinguts, während sie beim Porzellanbrand, wenigstens zur Erzielung der höchsten Glutentwickelungen in Mischung mit Steinkohle auftritt oder ganz durch letztere ersetzt wird. Die Braunkohle gehört der Tertiärformation an. In Deutschland ist sie ziemlich verbreitet, so im niederrheinischen Becken bei Brühl, im rheinisch-hessischen im Westerwald, im thüringisch-sächsischen bei Magdeburg und Braunschweig. Ganz hervorragende Braunkohlen kommen indessen aus dem böhmischen Lagern. Verlangt wird auch von den Braunkohlen, daß sie bei geringer Hinterlassung von Asche eine lange und ruhige Flamme entwickeln, welche den ganzen Ofenraum erfüllt.

Das nämliche gilt natürlich auch von den für die keramische Arbeit in Betracht kommenden Steinkohlen, so daß auch bei diesen eine genaue Auswahl getroffen werden muß. Verlangt muß werden, daß sie locker in der Feuerung liegen, den Durchtritt der Verbrennungsluft überall gestatten und möglichst wenig Schlacke und Asche hinterlassen. Beliebt sind diejenigen aus dem oberschles. Becken, von der Saar, einige Flöze im Gelsenkirchener Gebiet, von der Ruhr, aus dem Zwickau-Chemnitzer Becken, ferner solche aus Belgien und Böhmen.

II. Prüfung der Rohstoffe.

Jeder einsichtige Tonwarenerzeuger wird, bevor er einen neuen Rohstoff, und sei es auch nur eine neue Sendung eines schon vorher eingeführten, in den Betrieb eintreten läßt, vorher eine sorgfältige Prüfung desselben vornehmen, bezw. vornehmen lassen. Diese Prüfung wird bei grober Ware eine weniger tiefgehende zu sein brauchen, als das bei feinerer, namentlich bei weißscherbiger der Fall zu sein hat. Jede derartige Untersuchung wird daher in eine mehr oberflächliche, mechanische Vorprüfung und in eine tiefergreifende mit Einschluß der chemischen Analyse zerfallen. Erstere wird sich mit der Ermittelung der äußeren physikalischen Eigenschaften, wie z. B. bei den bildsamen Rohstoffen mit der Feststellung des Grades der Bildsamkeit beim Anmachen mit Wasser, der Schwindung beim Trocknen an der Luft nebst den Begleiterscheinungen, des Bindevermögens, der Dehn- und Formbarkeit sowie des Verhältnisses der gröberen zu den feineren Bestandteilen durch die Schlämmanalyse begnügen. Die Untersuchung des Schlämmrückstandes wird wertvolle Aufschlüsse über den Gehalt des Feintones an Beimengungen und über ihren Charakter ergeben. Die folgenden Brennproben bei verschiedenen Hitzegraden mit ihren mannigfachen Erscheinungen lassen über den Wert des Roh-

stoffes für die Fabrikation kaum noch einen Zweifel, namentlich dann nicht, wenn Vergleiche mit früheren Ergebnissen angestellt werden können. Sie gestatten bereits eine Art Einreihung in die verschiedenen Verwendungsklassen. Handelt es sich um wertvollere, etwa für die Schamottewaren-, die Steinzeug-, Steingut- oder Porzellanindustrie in Frage kommende Rohstoffe, so wird neben der Bestimmung der Feuerfestigkeit, die rationelle, u. U. auch die chemische Analyse erforderlich sein, um einen tieferen Einblick in ihre Zusammensetzung zu gewinnen und um endgültig über die Verwendungsfähigkeit, sei es für sich selber, sei es in Mischung mit anderen zu entscheiden. Der bei den Prüfungen einzuschlagende Weg ist im allgemeinen der nachfolgende.

A. Prüfung der bildsamen Rohstoffe.

a) Vorprüfung.

Probenahme. Man erinnere sich, daß mit Ausnahme der an der Ursprungsstätte lagernden Kaoline, sämtliche Tone dem Sedimentärgebirge entstammen, also aus dem Wasser schichtenweise abgesetzt worden sind. Diese Schichten, die wie die Blätter eines Buches übereinander lagern und die jede für sich eine recht verschiedene Stärke besitzen, welche von wenigen Millimetern bis zu mehreren Zentimetern betragen kann, sind unter sich keineswegs gleichartig, sondern recht verschieden zusammengesetzt, besonders in Bezug auf die Einlagerungen an Nichttonsubstanz. Ebenso pflegen die unteren, mittleren und oberen Abteile eines Tonlagers bei der Untersuchung nie ein gleiches Ergebnis zu zeitigen, was besonders für die Lehm- und Mergellager der norddeutschen Tiefebene gilt, welche, ursprünglich aus Verwitterungsgesteinsschutt bestehend, allmählich durch den Einfluß der atmosphärischen Niederschläge, durch Frost und Hitze, kohlensäurehaltige Gewässer usw. von oben her einen tiefgehenden Verwitterungsprozeß durchmachten, während sie weiter nach unten z. T. unverändert oder nahezu unverändert blieben.

Bei der Verwertung derartiger Tonlager für fabrikatorische Zwecke wird man, um eine einheitliche Arbeitsmasse zu gewinnen, stets auf eine innige Durchmischung der verschiedenen Schichten Bedacht zu nehmen haben. Das gleiche gilt selbstverständlich auch von jeder Tonuntersuchung im Laboratorium.

Hat man Gelegenheit, die Probenahme an Ort und Stelle zu bewirken, so sorge man dafür, daß in der mehrere Kilogramm betragenden Probe Anteile aus jeder Zone des abzubauenden Lagers enthalten sind, und vermeide es sorgfältigst, etwa besonders vorteil-

haft aussehende Stücke für sich allein der Untersuchung zu unterwerfen. Bei Bohrproben achte man darauf, daß sie vielfach mit fremden Stoffen, insbesondere Sand und Ackererde, die in das Bohrloch gelangten, verunreinigt sind und zu ganz falschen Schlüssen über die wahre Beschaffenheit des Lagers zu führen vermögen. Bei eingesandten Proben muß allerdings angenommen werden, daß die Probenahme in zweckmäßiger Weise bewerkstelligt wurde.

In jedem Falle ist die Probe entweder an der Luft oder unter Anwendung gelinder Wärme, die 110° C in keinem Fall übersteigen darf, zu trocknen. In einer geräumigen Reibschale werden hierauf, zweckmäßig mit einem hölzernen Pistill die trockenen Tonbrocken zu Pulver zerdrückt. Ist die Probe hinreichend groß, so kann man, nach innigster Durchmischung des Pulvers zu einer erneuten Probenahme schreiten, indem man mit einem Löffel aus allen Teilen des Ganzen Stichproben entnimmt und diese zu einem neuen Quantum von — je nach der gegebenen Menge — einigen hundert Gramm bis zu einem Kilogramm vereinigt. Man setzt dann das Pulvern, jedoch möglichst ohne scharfe Reibung, solange fort, bis sämtlicher Ton durch ein Sieb von ca 100 Maschen auf dem qcm hindurchgegangen ist. Größere Gesteinsbrocken, grober Sand und dergl. machen sich durch lebhaftes Knirschen bemerkbar. Um die natürliche Beschaffenheit des Tones nicht zu verändern und somit ein falsches Bild von ihm zu gewinnen, muß man tunlichst vermeiden, sie während des Pulverns zu zerkleinern oder gar, sofern sie das erwähnte Sieb nicht zu durchsinken vermögen, fortzuwerfen. Sie werden in diesem letzteren Falle vielmehr unverändert der durch das Sieb gegangenen Menge hinzugefügt und mit dieser gut vermischt. Eine innige Durchmischung des Pulvers ist aber auch im Fall der Abwesenheit grober Gesteinsbrocken durchaus erforderlich, weil die sandigeren Anteile der Tonprobe sich im trockenen Zustande leichter pulvern lassen, als die fetteren und infolgedessen früher und leichter durch das Sieb hindurchgehen. Durch das Sieben findet daher eine ungewollte Entmischung statt, welche vermieden werden muß, weshalb das Pulver vor seiner weiteren Verwendung in jedem Falle noch einmal sorgfältig durchzumischen ist.

Die so gewonnene Durchschnittsprobe ist nun für die folgenden Untersuchungen hinreichend vorbereitet und wird zweckmäßig, d. h. vor möglichen Verunreinigungen geschützt, aufbewahrt.

Prüfung auf den Gehalt an Karbonaten. Eine kleine Menge des Tonpulvers wird in einem Reagensglase in Wasser so verteilt, daß sämtliche darin enthaltene Luft zum Entweichen kommt. Sodann fügt man einige Tropfen verdünnter Chlorwasserstoffsäure (Salzsäure) hinzu und erwärmt gelinde. Erfolgt eine stärkere oder auch nur schwache Entwickelung von Gasbläschen,

so ist die Anwesenheit von Karbonaten erwiesen oder doch wahrscheinlich gemacht. Keine Gasentwickelung zeigt ihre Abwesenheit an.

Feststellung der Gegenwart oder Abwesenheit löslicher Salze. Insbesondere die geringwertigen Tone und Lehme sind oft reich an löslichen, schwefelsauren Salzen, namentlich an schwefelsaurem Kalk (Gips) und Magnesium, welche bei Mauer- und Dachsteinen oft zu sehr unliebsamen weißen, meist mit „Salpeter“ bezeichneten Ausblühungen führen können. Grüne bis gelbe Ausschläge bei Ziegel- und Dachsteinen, Ofenkacheln usw. rühren meist ebenfalls von löslichen Sulfaten her, welche zuweilen äußerst geringen Beimengen von vanadinsauren Salzen jene Färbung verdanken.

Man kocht etwa 100 gr des oben erwähnten Tonpulvers mit etwa 300—400 ccm destillierten Wassers kurze Zeit und läßt absitzen. Die abgegossene, klare Flüssigkeit wird nach schwachem Ansäuern mit Salpetersäure im heißen Zustande mit Bariumchlorid versetzt. Ein weißer Niederschlag oder doch eine deutliche Trübung zeigen die Anwesenheit von größeren oder geringeren Mengen Schwefelsäure, mithin auch von Sulfat an: $MgSO_4 + BaCl_2 = BaSO_4 + MgCl_2$. Andernfalls bleibt die Flüssigkeit klar. Ist durch Absitzen des Tones eine klare Lösung nicht zu erhalten, so gelingt das in der Regel auch nicht durch Filtrieren durch Papier. Man verwendet dann zweckmäßig ein Tonfilter, besonders auch, wenn es darauf ankommt, die Menge der löslichen Sulfate ihrem Gewicht nach zu bestimmen. Näheres hierüber s. Laboratoriumsbuch für die Tonindustrie von Dr. H. Bollenbach S. 44.

Scheidung der gröberen von den feineren Gemengteilen durch die Schlämmanalyse. 30 gr des Tonpulvers werden auf einer guten Tarierwage abgewogen und in einer Kasserolle mit $^1/_2$ bis $^3/_4$ l gewöhnlichen Brunnenwassers solange, unter Ersatz des verdampfenden Wassers, vorsichtig gekocht, bis sich sämtliche Feintonpartikelchen von den beigemischten gröberen Bestandteilen völlig abgelöst haben. Das ist meist geschehen, wenn bei wiederholtem Druck mit dem Glasstab auf die durch heftiges Umwirbeln in der Mitte des Bodens der Kasserolle angehäufte Substanz, an diesem nichts mehr haften bleibt. Bei sehr fetten Tonen wird die Ablösung durch Zusatz einiger Tropfen kohlensauren Natrons merklich gefördert.

Ein einfacher und zugleich sehr brauchbarer Apparat zur Ausführung der Schlämmanalyse ist nach seiner besonderen Herrichtung für die Zwecke der Tonindustrie derjenige nach Schulze.

Er besteht aus einem Kelchglas von etwa 35 cm Höhe bei 30 cm innerer Tiefe und einer Mündungsweite von 10—11 cm.

Etwa 4—5 cm vom oberen Rande ist ein seitliches Abflußrohr, welches am Auslauf rechtwinkelig nach unten gebogen ist, angesetzt. In dieses Gefäß mündet, gehalten von einem Stativ, ein spitz zulaufendes Wasserzuflußrohr mit einer Mündung von ca. 1,5 mm lichtem Durchmesser. Die Ausflußöffnung befindet sich 1 cm über dem Boden des Schlämmtrichters. Dieses Rohr steht über dem Wasserspiegel durch einen Gummischlauch in Verbindung mit einem anderen, welches sich nach oben hin etwas erweitert und ein langes seitliches, leicht nach unten gebogenes Abflußrohr trägt. Die Höhe des letzteren über dem Wasserspiegel im Glase beträgt erfahrungsgemäß 12 cm. Sie bedeutet die Druckhöhe des eintretenden Schlämmwassers, welches stets in so großer Menge zugeführt wird, daß nicht nur diese Druckhöhe ständig erhalten bleibt, sondern ein Teil des überschüssigen Wassers seitlich abfließt. Selbstverständlich kann diese Druckhöhe je nach dem Zweck, den man verfolgt, beliebig eingestellt werden. Man wählt gewöhnlich diejenige Einstellung, welche es ermöglicht, 30 gr. eines im großen geschlämmten und für die fabrikatorischen Zwecke als brauchbar anerkannten Rohstoffes innerhalb von etwa 20—25 Minuten eben oder mit Hinterlassung nur einiger Körnchen feinen Sandes überzutreiben. Das Schlämmwasser wird durch eine geeignete Leitung in die obere Erweiterung des Zuflußrohres eingeführt. (S. auch Bollenbach, S. 17.

Zum Gebrauch setzt man den Apparat durch Zufließenlassen einer ganz geringen Menge Wassers in langsame Tätigkeit. Dadurch wird die Verstopfung der Spitze des Zuflußrohres durch Sand und Schlamm vermieden. Nunmehr führt man die oben ererwähnte, inzwischen abgekühlte Abkochung des Tones sorgfältig und vollständig ein. Diese Arbeit und das saubere Ausspülen des Gefäßes muß erledigt sein, bevor der Schlämmtrichter sich ganz gefüllt hat und die ersten Anteile überzutreten beginnen. Nachdem das geschehen ist, regelt man den Wasserzutritt so, daß die vorhin erwähnte Druckhöhe nicht nur erreicht wird und ständig erhalten bleibt, sondern, der größeren Sicherheit wegen, auch noch ein Teil des zufließenden Wassers als überschüssig seitlich abfließt. Man notiert die Zeit des ersten Uebertritts der Trübe und läßt den Apparat so lange in Tätigkeit, bis die oberen Schichten des Wassers im Kelchglase klar erscheinen. Das ist in der Regel nach 20—25 Minuten der Fall. Man läßt nun Wasser aus beiden Abflußröhren in je ein Reagensgläschen fließen und vergleicht beide miteinander. Sind beide annähernd gleich klar, so wird der Vorgang unterbrochen, das Zuflußrohr vorsichtig herausgehoben, innen und außen gut abgespritzt und der Kelchinhalt ca. 10—15 Minuten sich selbst überlassen. Ist der Rückstand klar abgesetzt, so kann man

fast alles darüber stehende Wasser vorsichtig abgießen. Man spült mit der Spritzflasche in ein Porzellanschälchen, wobei darauf geachtet werden muß, daß kein Sandkorn an den Glaswänden hängen bleibt, läßt neuerdings ca. 10 Minuten absitzen, entfernt das überstehende Wasser, trocknet zunächst im Wasserbade, dann bei 120° im Luftbade, wägt nach dem Erkalten die Schale nebst dem Sand, darauf die vom Sand befreite Schale für sich und findet nun in dem Gewichtsunterschied das Gewicht des hinterbliebenen Rückstandes. Aus dem Ansatz: 30 : a = 100 : x ergibt sich, wenn a das Gewicht des Schlämmrückstandes bedeutet, x

$$= \frac{a \cdot 100}{30}$$

als die Prozentzahl der in dem untersuchten Ton enthaltenen Menge an gröberen Bestandteilen, sowie aus dem, was an 100 fehlt, der Prozentgehalt des abgeschlämmten Feintons. Will man den letzteren einer besonderen Untersuchung unterwerfen, so fängt man die Trübe in geeigneten Gefäßen auf.

Bei sehr fetten Tonen, wie z. B. bei dem englischen blue ball clay oder dem Meißener Steingutton, kann es vorkommen, daß ein einmaliges Kochen und Abschlämmen nicht hinreichend ist, um alle tonigen Bestandteile von den gröberen Gemengeteilen abzulösen. Man kocht dann den Rückstand aus dem Kelchglas noch einmal, nötigenfalls auch noch ein drittes Mal unter Zusatz von einigen Tropfen Natriumkarbonat und wiederholt das beschriebene Schlämmverfahren. Das nämliche ist auch in allen denjenigen Fällen anzuraten, in denen der getrocknete Schlämmrückstand nicht im lockeren Zustande auftritt, sondern noch etwas verfestigt erscheint.

Zur Kontrolle wiederholt man jede Schlämmanalyse mit einer neuen Tonmenge von 30 gr und unter Einhaltung der nämlichen Schlämmzeit. Die Abweichungen in den gefundenen Prozentzahlen dürfen dabei 0,5—1 v.H. nicht überschreiten. Man nimmt aus beiden Ergebnissen das Mittel und sieht diese Zahl als die zutreffende an.

Wenn auch auf diesem Wege, ebenso wie bei anderen Schlämmverfahren, z. B. mit dem Schöneschen Schlämmapparat (s. Bollenbach S. 16 ff.), eine absolut scharfe Scheidung nicht erlangt wird, so sind die gewonnenen Ergebnisse für die Zwecke des technischen Betriebes doch hinreichend genau, um einmal einen Einblick in die Zusammensetzung des Tones hinsichtlich seines Gehaltes an feinen und groben Bestandteilen, sodann durch die nähere Untersuchung der letzteren auch in Bezug auf seinen chemischen Gehalt bis zu einem gewissen Grade zu gewähren.

Untersuchung des Schlämmrückstandes.

Weil, abgesehen von der Tonsubstanz, die im Schlämmrückstand enthaltenen Stoffe auch in dem Feinton nur in feinst zerriebener Form anwesend zu sein pflegen, so ist seine nähere Untersuchung geeignet, recht wertvolle Aufschlüsse über den Gehalt des Feintones an mineralischen Stoffen, zu geben.

1. Eine kleine Menge des Rückstandes wird auf dem Platinblech oder einem dünnen Porzellanscherben erst langsam erhitzt und zuletzt geglüht. Verglimmende Substanz zeigt die Gegenwart von Pflanzenstoffen, wie Humus, Braun- und Steinkohle, an. Bei Gegenwart von viel Schwefelkies treten auch vorübergehend sowohl winzige blaue Schwefelflämmchen sowie der Geruch nach Schwefeldioxyd auf. Läßt die Probe von vornherein die Anwesenheit dieses Erzes vermuten, so wählt man zum Erhitzen immer nur einen Porzellantiegeldeckel als Unterlage ($2FeS_2 + 11O = Fe_2O_3 + 4SO_2$).

2. Zerdrücken und geringes Reiben der geglühten Substanz auf weißem Papier mit einer Messerspitze ruft bei Gegenwart von Eisenoxyd Rotfärbung des Papieres hervor.

Mit Hilfe der Lupe sind in der ungeglühten Substanz leicht zu erkennen:

3. Quarzkörner an ihrem meist glasigen, fettglänzenden Aussehen. Sie sind stets in der Ueberzahl vorhanden.

4. Glimmerschüppchen an ihrem hervorstechenden Glanz.

5. Kalkspat verrät sich durch undurchscheinende, matte, weiße oder graue Körner, die zuweilen kreideartig leicht zerreiblich sind. Verdünnte Salzsäure bringt sie unter Entwickelung von Kohlendioxyd in Lösung.

6. Gips erscheint gleichfalls in Form von mattgrauen, aber zuweilen auch durchsichtig mattglänzenden Körnern bezw. Kristallbruchstücken. Sie lösen sich in verdünnter Salpetersäure ohne Kohlendioxydentwickelung. Diese Lösung gibt mit Bariumchlorid, auch bei Anwesenheit von etwas Salpetersäure, einen weißen Niederschlag von Bariumsulfat und zeigt somit die Anwesenheit der im Gips enthalten gewesenen Schwefelsäure an.

7. Feldspat verrät sich durch matte, fleischfarbene Brocken, welche vor dem Lötrohr oder am Platindraht in die Bunsenflamme gebracht, zu einem zähen weißen Glase zusammenschmelzen.

8. Kieselschiefer, Hornblende, Titaneisen erscheinen in Form von harten schwarzen Körnchen.

9. Braunstein bildet weiche, schwarze Brocken, welche mit Salzsäure Chlor entwickeln und sich lösen.

10. Schwefelkies bildet zuweilen messingfarbige, glänzende Partikelchen; meist tritt er jedoch in unscheinbaren, grauen bis braunen, zuweilen runden, an Mohnsamen erinnernden (vergl. 12), aber auch länglichen Körnchen mit rauher Oberfläche auf. Diese Körnchen geben, in einem engen sogen. Glühröhrchen erhitzt, Schwefel ab, welcher sich oberhalb der erhitzten Stelle als gelber Ring an der Glaswand absetzt ($FeS_2 = FeS + S$). Der Rückstand entwickelt im Reagensrohr, mit verdünnter Salzsäure erhitzt, Schwefelwasserstoff, welcher bei geringer Menge durch Kochen aus der Flüssigkeit vertrieben werden kann ($FeS + 2\,HCl = FeCl_2 + H_2S$). Verschließt man die Mündung des Rohres während des Kochens mit Fließpapier, welches mit einer Lösung von essigsaurem Blei getränkt wurde, so gibt sich die Anwesenheit von Schwefelwasserstoff durch die intensive Braun- bis Schwarzfärbung des Papieres leicht zu erkennen.

Ist die Beimengung von Schwefelkies so gering, daß ein Auslesen einzelner Körner nicht möglich ist, so kann man auch einen Teil des Rückstandes selber im Vorproberöhrchen erhitzen, muß dann aber durch mäßiges Erwärmen zunächst das sich aus der fast nie fahlenden Humussubstanz entwickelnde Wasser nebst den Destilllationsprodukten aus dem Röhrchen durch Aufsaugen mit Filtrierpapier entfernen, damit der bei starkem Glühen erscheinende Schwefelring eine trockene Ansatzstelle vorfindet und deutlich erkannt werden kann.

11. Toneisenstein, Ocker usw. bilden matte, mehr oder weniger zerreibliche gelbe bis braune Körner, welche sich beim Glühen rot färben.

12. Spat- und Toneisenstein treten nicht selten in Verbindung mit Kalkspat in hirsekornartigen, braunen Körnern von fast gleicher gleicher Größe auf und können zur Verwechselungen mit Schwefelkies führen (vergl. 10).

In jedem Falle empfiehlt es sich, nach der geschilderten Untersuchung, den ganzen Rest des Rückstandes in einem kleinen Ton- oder Schamottetiegel einer mindestens bis Kegel 9, besser bis Kegel 11 steigenden Temperatur auszusetzen. Bleibt der Tiegelinhalt locker und weiß, so besteht er vorzugsweise aus Quarzkörnern, ist er weiß, aber stark verglast oder zusammengebacken, so ist neben Quarz reichlicher Feldspat-, u. U. auch Kalkgehalt vorhanden. Braun- bis Braunschwarzfärbung des lockeren Sandes oder der Schmelze deutet in jedem Fall auf eine beträchtliche Anwesenheit von Eisenverbindungen hin.

Als Schädlinge, die unter Umständen das ganze Tonlager für fabrikatorische Zwecke unbrauchbar oder doch nur bedingt brauchbar machen und es stark zu entwerten vermögen, sind anzusehen:

1. Kalkspat, 2. Schwefelkies, 3. Gips, 4. Ton- und 5. Kalktoneisenstein, sofern sie in größerer Menge und in gröberem Korn auftreten. Ihre Entfernung kann durch den Schlämmprozeß, ihre Unschädlichmachung zuweilen durch Feinmahlen des Rohstoffes herbeigeführt werden.

Verhalten nach dem Anfeuchten mit Wasser.

Etwa 250 gr des Tonpulvers werden in einer flachen Schüssel oder Reibschale aus einer Ausgußbürette mit etwas Wasser übergossen und mit einem hinreichend kräftigen Holzpflock oder Spatel durchgeknetet. Durch Hinzufügung weiterer kleiner Wassermengen und durch fortwährendes, zugleich reibendes Kneten kann man die Probe in denjenigen Feuchtigkeitszustand versetzen, in dem sie sich zur Verformung eben gut eignet. Dieser Zustand ist erreicht, wenn die zwischen den Händen weiter geknetete Probe hinreichende Bildsamkeit zeigt, um sich leicht in jede beliebige Form bringen zu lassen, aber noch nicht so feucht erscheint, daß sie an den Händen klebt. Die Menge des verbrauchten Wassers wird an der Bürette abgelesen.

Zur Verformung bedient man sich zweckmäßig einer einfachen Gipsform von etwa 13 cm äußerer Länge, 7 cm Breite und 3 cm Dicke. Auf der Oberseite befindet sich eine nach unten etwas konisch verlaufende Vertiefung, welche an der Unterseite genau 9 cm lang ist, bei 3,5 cm Breite und 1 cm Tiefe. Man besitzt von den erwähnten Formen zweckmäßig eine ganze Anzahl, die sämtlich über das nämliche Modell gegossen worden sind und vor dem Gebrauch vollkommen ausgetrocknet wurden. Der Umstand, daß die 9 cm lange Unterkante vor Beschädigungen geschützt bleibt, ermöglicht, sie zur späteren Bestimmung der Schwindung als ursprüngliches Maß zu benützen. Das Massequantum zur Ausfüllung des Hohlraumes dieser Form beträgt etwa 50 gr. Ganz neue Gipsformen werden, bevor man sie zur Herstellung von Probekörpern verwendet, zweckmäßig vorher mit etwas bildsamem Ton solange ausgestempelt, bis kein Gipsstaub mehr an dem Ton hängen bleibt. Auch wird jede Form vor dem ersten Gebrauch nach längerer Pause vorher leicht angefeuchtet. Das Reinigen geschieht mit einem weichen, nur eben feuchten Schwamm.

Zur Herstellung der Probekörper rollt man die nach Vorschrift angefertigte Masseprobe, welche zur vollständigen Durchfeuchtung zweckmäßig kurze Zeit feucht gelagert hat und dann erneut, erforderlichen Falles unter Hinzufügung einiger Tropfen Wassers, durchgeknetet worden ist, auf einer ebenen, sorgfältig gereinigten Platte oder auf einer Papierunterlage mit von allen anhaftenden

Tonschuppen gereinigten Händen zu einer Wurst von ca. 2 bis 2,5 cm Durchmesser aus, wobei jede unnötige Dehnung des Stranges möglichst vermieden wird. Nachdem man ihn durch gelindes Schlagen mit dem Ballen der Hand zu einem flachen, der ungefähren Breite und Tiefe des Hohlraumes der Form entsprechenden Bande umgewandelt hat, zerschneidet man dieses in etwa 9,5 bis 10 cm lange Stücke. Man legt nun je eines von diesen leicht gekrümmt mit den beiden Enden zuerst in die vorher schwach angefeuchtete Gipsform. Durch leichten Druck auf die Wölbung erfolgt ein leichter Zusammenschub in der Längsrichtung unter Anpassung an die Form. Dadurch wird die durch das Aufrollen etwa entstandene Dehnung und die dadurch bewirkte Spannung beseitigt. Das Stück muß nun die Form nahezu ausfüllen und noch um etwas überstehen. Man drückt nun zuerst in der Mitte der Längsrichtung leicht an, läßt die beiden Seiten, indem man das Uebertreten des Tones über den Hohlraum möglichst verhindert, folgen und formt schließlich die Ecken durch besonderen Fingerdruck kräftig aus. Durch gelindes Schlagen mit dem Ballen der Hand wird geebnet. Man legt nun ein trockenes Tuch auf, welches die wasseransaugende Tätigkeit, welche sich ja auf die Oberseite nicht erstreckt, einigermaßen ersetzen soll und preßt mit einem Brettchen oder mit der Rückseite einer anderen Form so an, daß sich das Gewebe des Tuches über der ganzen Fläche abformt. Geschieht das nicht oder nur an einzelnen Stellen , so kam entweder zu wenig Masse in die Form oder sie wurde nicht hinreichend gleichmäßig eingelegt. Nach Entfernung des Tuches können die Nummern der Probe, Fundort, Datum und sonstige Zeichen auf der noch feuchten Fläche durch Einradierung oder durch Typenabdruck leicht angebracht werden.

Auf die Einhaltung der gegebenen Formvorschrift muß genau geachtet werden, weil allerlei unangenehme Erscheinungen, wie Verkrümmung der Probekörper beim Trocknen und Rissebildung in den allermeisten Fällen auf Fehler beim Formen zurückzuführen sind, aber stets dem Ton zugeschrieben zu werden pflegen. Je dehnbarer dieser ist, um so größer pflegen die Spannungen, welche beim fehlerhaften Formen hineingebracht werden, zu sein, und je leichter lösen sich diese bei gegebener Gelegenheit aus *).

Hat man dafür gesorgt, daß die Masse gut vorbereitet war und nur wenig oder gar nicht über die Kanten der Vertiefung in der Form hinaustrat, — ein zu großer Ueberschuß an Masse läßt sich vor Beendigung der Formarbeit leicht mit dem Finger oder mit einem zugeschärften, hölzernen Gegenstand entfernen — so löst sich der Probekörper in den meisten Fällen nach kurzer Zeit durch

*) Vergleiche hierüber des Verf. „Ueber die Schwindungsvorgänge bei keramischen Massen", Sprechsaal 1919, Nr. 45, 46, 47.

Schwindung von selber leicht ab und kann ohne Schwierigkeit durch Umkippen der Form und Auffangen mit der Hand entfernt werden. Andernfalls genügen leichte Schläge mit der Hand gegen die verschiedenen Seiten der Form, um die Loslösung durch Erschütterung zu beschleunigen. Hilft auch das nicht, so führt das Andrücken von ein wenig übriggebliebener Masse an den Probekörper und ein leicht ausgeübter Zug schnell zum Ziel.

Nachdem die dem Körper an der Oberseite (nach dem Herausnehmen aus der Form wird sie zur Unterseite) anhaftenden Grannen durch Abschneiden mit dem Messer entfernt sind, ist der Probekörper fertig und wird nun mit den anderen, in derselben Weise hergestellten, auf einer geraden und trockenen Gipsplatte möglichst bei gewöhnlicher und nur in eiligen Fällen bei mäßiger künstlicher Wärme unter häufigem Umwenden — namentlich in letzterem Falle — langsam getrocknet.

Die Herstellung der Probekörper in Metallformen oder das Nachpressen der in Gipsformen erhaltenen in solchen unter Hammerschlägen auf den Stempel, bis sie sich der Metallform angepaßt haben, liefert zwar sehr korrekte, gefällig aussehende, scharfkantige Stücke, indessen hat diese Art der Behandlung der Tonmassen mit derjenigen in der Fabrikation nur wenig oder nichts zu tun. Außerdem erleidet besonders die nachgepreßte und zu diesem Zweck vorher schon etwas angesteifte Masse unzweifelhaft tiefgreifende Struktur- und Dichteveränderungen, die geeignet sind, ein falsches Bild von den Eigenschaften des zu prüfenden Tonrohstoffes zu liefern.

Sind die Probekörper, zuletzt unter Anwendung gelinder, künstlicher Wärme, getrocknet worden, so wird die Trockenschwindung durch Anlegen eines Millimetermaßstabes unter Benützung derjenigen Kanten, welche in der Form genau 9 cm von einander entfernt waren, in der Längsrichtung gemessen, und zwar bei sämtlichen, zu ein und derselben Masse gehörigen Stücken. Von den untereinander in der Regel etwas abweichenden Maßen wird der Durchschnitt genommen und notiert. Was an 9 cm fehlt, ist auf Rechnung der linearen Schwindung zu setzen. Beträgt dieses Maß z. B. 0,35 cm, so benutzt man den folgenden Ansatz, um die Schwindung in Prozenten zum Ausdruck zu bringen:

$$9 : 0{,}35 = 100 : x, \text{ woraus}$$

$$x = \frac{0{,}35 \,.\, 100}{9} = 3{,}89\,\%$$

Handelt es sich um genauere Feststellung der Schwindung, so bedient man sich zweckmäßig einer mit Nonius versehenen Stechschublehre. Unmittelbar, nachdem der Probekörper in der Form fertiggestellt worden ist, wird eine Strecke von etwa 7—8 cm in

der Längsrichtung abgestochen, so daß die Spitzen der Backen etwa 2—3 mm in den weichen Probekörper eindringen. Man entfernt darauf die Lehre vorsichtig, damit die entstandenen Marken ganz scharf bleiben und liest die Entfernung ab. Nach dem Trocknen und nach jeder Erhitzung werden dann die nämlichen Stechmarken zur Feststellung ihrer nunmehr kleiner gewordenen Entfernung von einander benützt. Die Berechnung der linearen Schwindung erfolgt in genau derselben Weise, wie in dem weiter oben erwähnten Fall. Verkrümmte Probekörper sind für diese Art Schwindemessung natürlich nicht zu verwenden.

Beurteilung der Bildsamkeit (Plastizität).

Einfache Verfahren zur scharfen, vergleichsweisen Bestimmung der Bildsamkeit der Tone sind bisher nicht bekannt geworden. Die Herstellung der Masse für die Probekörper sowie das Verformen dieser liefern dem aufmerksamen Beobachter indessen hinreichende Anhaltspunkte zur Beurteilung, ob es sich um ein mageres, d. h. wenig bildsames oder um ein Produkt von mittlerer oder hoher Bildsamkeit handelt. Formt man zwischen den Händen aus dem Proberohstoff eine Kugel von etwa 3 cm Durchmesser und drückt sie zwischen Daumen und Zeigefinger, gewissermaßen von den Polen her, langsam zusammen, so daß sie gezwungen ist, sich in der Richtung des größten Umfanges auszudehnen, so zeigen starke Risse parallel zur Druckrichtung: geringe, vereinzelte: mittlere, und gar keine oder unbedeutende: hohe Bildsamkeit an. Das Drehen eines Massestranges um seine Achse, während man das eine Ende festlegt, gibt ähnliche Ergebnisse. Bekannt ist das Verfahren der Töpfer, um einen Ton auf seine Verarbeitbarkeit auf der Töpferdrehscheibe zu erproben. Man legt eine Massekugel von etwa 3 cm Durchmesser in Wasser , so daß sie eben davon bedeckt wird. Zerfällt die Kugel alsbald oder nach kurzer Zeit, so ist die Tonmasse als wenig bildsam (mager) anzusehen. Ist der Zerfall nach längerer Zeit kaum merklich, so gilt der Ton als mittelbildsam, behält die Kugel ihre Gestalt auch nach etwa 24 Stunden vollkommen bei, so ist er als hochbildsam zu betrachten.

Feststellung der Dehnbarkeit und des Bindevermögens.

Auch hierbei ist man vorläufig noch so ziemlich ganz auf die persönliche Beurteilung seitens des untersuchenden Fachmannes angewiesen. Zwar sind hier und da Vorrichtungen für diesen Zweck beschrieben worden (vergl. Bollenbach, S. 13, und Kerl, 3. Aufl. S. 863) sog. Zerreißapparate, welche sich indessen kaum allgemeiner Anwendung erfreuen.

Verhalten im Feuer.

Die Brenntemperatur der gewöhnlichen Irdenware liegt etwa bei derjenigen des schmelzenden Slbers, z. T. wohl auch etwas darunter, d. h. bei 960 ° C oder bei Kegel 07a der Segerschen Schmelzkegelreihe und steigt höchstens bis Goldschmelzhitze oder Kegel 02a (ca 1060 ° C). Manche Klinkertone erfordern wohl auch eine Steigerung der Brennhitze bis zu Kegel 3a (etwa 1140° C) und Kegel 6a (etwa 1220 ° C). Das Steinzeug erfordert Temperaturen von Kegel 6a bis 9 (1220 ° C) und 11 (1320 ° C). Die drei letzteren Hitzegrade sind zugleich für die Schrühtemperatur des Steinguts, so Kegel 6a für das Kalk-, 9 bis 11 für das Kalk-Feldspat- und das Feldspatsteingut maßgebend. Die Garbrennhitze flußmittelreichen Feldspatporzellans beträgt etwa Kegel 13 (1380° C), während diejenige des Hartporzellans bei etwa Kegel 15 (1435° C), im Höchstfalle Kegel 20 (1530° C) liegt. Die niedrigste Anforderung, welche an feuerfeste Tone gestellt wird, ist, daß sie eine Mindesttemperatur von Kegel 26 (ca. 1580° C) aushalten. Als hochfeuerfeste Tone betrachtet man solche, welche erst bei Kegel 38 oder wenig darunter (ca. 1850° C) niedergehen, während alle diejenigen, deren Schmelzpunkte um und über Kegel 30 liegen, als mittelfeuerfest gelten.

Beim Brennen der Probekörper wird man auf die angegebenen Temperaturstufen, also von Kegel 07a, 02a, 3a, 6a, 9, 11, 13, 15, 20, 26, 30, 38 mehr oder weniger Rücksicht zu nehmen haben, doch kommen einmal, weil die meisten Tone die hohen Hitzegrade überhaupt nicht aushalten, sodann weil aus gewissen Erscheinungen, die bei niederer Temperatur auftreten, bereits Schlüsse auf das weitere Verhalten gezogen werden können, immer nur einige Brennproben in größeren Zwischenräumen zur Ausführung.

1. Erhitzung auf Kegel 07a.

Die Farbe der Masseproben von Naturtonen ist nach dem Brennen nur selten rein weiß. Meist schwankt sie zwischen Rot und Braungelb mit all den zahlreichen Zwischenstufen zwischen diesen beiden Farben.

Unansehnlich schmutzig braunrot gefärbte, dabei mürbe, nicht klingende und leicht zerbrechliche Probekörper eröffnen nur geringe Aussicht auf die Verwendung zur Fertigung minderwertiger sog. Hintermauerungssteine, sofern das daraus dargestellte Ziegelgut sonstigen Anforderungen an einen zulässigen Baustoff entspricht. Durch das Glühen weiß gefärbte, mürbe Einschlüsse von der Größe eines Stecknadelkopfes aufwärts zeigende, deuten einen Gehalt an Quarz oder Kalkspat in gröberer Form an. Im letzteren

Fall zerfällt der mit Wasser getränkte Probekörper nach kurzer Zeit teilweise oder auch vollständig, im ersteren nicht. Derartiger, grobe Kalkbrocken enthaltender Ton ist von der fabrikatorischen Verwendung unter Umständen ganz ausgeschlossen. Grobporiges, mürbes Ziegelgut neigt außerdem zum Zerfall durch die Wirkung des Frostes.

Angenehm rot, gelb oder braun gefärbte, hellklingende Probekörper berechtigen zu der Hoffnung, daß der ihnen entsprechende Rohstoff, sofern er nicht allzu grobe Beimengungen enthält und allzu grobporig ist, zu brauchbaren, gewöhnlichen Mauersteinen, Drainröhren usw., andernfalls aber bei durchgängiger Feinkörnig- und Porigkeit zu feineren Verblend-, Dach- und Falzziegelsteinen verwendbar ist. Die Fabrikation der letzteren erfordert eine ziemlich hervorragende Bildsamkeit des Tons, auch werden der farbigen Wirkung wegen die schön rotbrennenden Tone bevorzugt.

Die Trockenschwindung brauchbarer Mauersteine soll 6 v. H., die Gesamtschwindung 8—10 v. H. möglichst nicht übersteigen. Die Wasseraufnahmefähigkeit der besseren Ziegel kann, dem Gewicht nach, bis zu 15 v. H. betragen. Ist die Schwindung größer, wie angegeben, so muß auf entsprechende Magerung des Tonrohstoffes Bedacht genommen werden, wovon weiter unten die Rede sein wird.

Weiß oder gelblichweiß erscheinende, mürbe und klanglose Probekörper gehören, wenn kalkfrei, in der Regel Tonen von höherer Garbrenntemperatur an. Bei einem ansehnlichen Gehalt an feinverteiltem kohlensauren Kalk, welcher stets einen hellgelben bis schmutzig weißen Scherben, je nach dem Gehalt an Eisenoxyd, bedingt, hat sich die weitere Untersuchung auf etwaige Eignung des Tones zur Fayence- oder Schmelzwarefabrikation zu erstrecken.

2. Erhitzung auf Kegel 02a.

Tone, welche kalk- oder eisenoxydreich sind oder beides enthalten, fangen bei dieser Temperatur bereits an, stark zusammenzusintern, eine grünlich graue Farbe anzunehmen, Schmelzungserscheinungen zu zeigen oder ganz in Schmelzung überzugehen. Die bei Kegel 07a hochrot brennenden Tone erscheinen mehr dunkelviolett, während die gelben und braungelben ebenfalls eine dunklere Farbe anzunehmen pflegen. Vollständig erhaltene Form bei großer Festigkeit und angenehmer Farbe, Abwesenheit aller Schmelzungserscheinungen, keine oder nur noch geringe Porosität bei erträglicher Schwindung lassen auf brauchbaren Rohstoff für Fußbodenfliesen hoffen. Viele Tone liefern auch erst bei dieser Temperatur geeignete Verblender und Dachziegel. Sehr humusreiche, dabei feinkörnige, hochbildsame Tone pflegen sich

bei diesem Hitzegrad durch Entwicklung von Gasen im Innern des Scherbens mehr oder weniger stark aufzublähen. Sie bedürfen einer starken Magerung.

Erhitzung auf Kegel 3a.

Die flußmittelreichen Lehme, Letten usw. gehen bereits in Schmelzung über. Zuweilen schmilzt auch nur ein Teil der Substanz, wähend die Hauptmenge ungeschmolzen und die Form des Probekörpers erhalten bleibt. Die nahezu dichten, außen schokoladefarben, innen braunschwarz oder grau erscheinenden Tonkörper führen die Bezeichnung Klinker oder Eisenklinker. Je nach der Menge des ihnen innewohnenden, zumal alkalischen, Flußmittels sehen sie bald matt, bald glänzend aus. Die flußmittelarmen Steinzeugtone, insbesondere die feinkörnigen, hochbildsamen verdichten sich bei dieser Temperatur bereits merklich.

Erhitzung auf Kegel 6a.

Manche eisenoxydreiche Tone gehen erst bei dieser Temperatur in Klinker über, die fetteren Steinzeugtone sind nahezu dicht. Nur die eisenoxydarmen, durch viel gröberen Quarzsand gemagerten, erscheinen noch mehr oder weniger porös, desgleichen die Porzellanerden (Kaoline). Der Kalksteingutscherben hat seine Gare erreicht.

Erhitzung auf Kegel 9.

Die Erscheinungen sind ähnlich wie bei Kegel 6a, nur ist die Verdichtung weiter fortgeschritten. Die fetten Steinzeugtone sind bereits dicht, die mageren haben sich weiter verdichtet, die Klinkertone gehen in Schmelzung über. In diesem Raume liegt die beginnende Gare des Feldspat- und die volle des Kalk-Feldspatsteinguts.

Erhitzung auf Kegel 11.

Die fetten Steinzeugtone mit reichlichem Gehalt an feinverteiltem Quarz beginnen zu „wachsen“, d. h. sich wieder auszudehnen, die mageren sind dicht oder nahezu dicht. Nur die Kaoline sind noch porös. Das feine Feldspat-Steingut sowie das Feinsteinzeug haben ihre Gare erreicht.

Erhitzung auf Kegel 13, 15, 20.

Die weiteren Erhitzungen auf Kegel 13, 15, 20 zeigen wenig charakteristische Erscheinungen. Einige sehr feinkörnige und kohlenstoffhaltige Steinzeugtone, Schiefertone und Tonschiefer blähen

sich mehr oder weniger auf, andere zeigen Schmelzungserscheinungen, wieder andere, besonders stark quarzhaltige, lockern sich im Feuer auf, d. h. sie zeigen bei hoher Temperatur eine geringere Schwindung, als bei niedrigerer, noch andere bleiben unverändert. Die Porzellantone (Kaoline) werden zwar dichter, sind aber bis auf wenige Ausnahmen immer noch porös und die Scherben leicht zerbrechlich. In dieser Region liegt die Gartemperatur der Feldspatporzellane und der feuerfesten Bedarfsartikel.

Erhitzung auf Kegel 26, 30, 38.

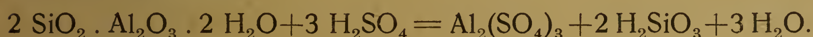
Die weiteren Erhitzungen erfolgen im Devilleschen Gebläseofen bezw. in hierzu geeigneten, elektrischen Heizvorrichtungen. (Vergl. Bollenbach S. 52 ff.) In dieser Region liegen die Erweichungspunkte jener Tone, welche zu denjenigen von niederer (26 bis 30), mittlerer (30—33) und hoher (33—38) Feuerfestigkeit gerechnet werden und den Zwecken der Schamotteindustrie dienen. Zu den hochfeuerfesten Tonen gehören zugleich die Porzellanrohtone oder Rohkaoline, welche, soweit sie nicht zur Porzellanfabrikation Verwendung finden, in der Tat einen wertvollen Rohstoff für die Schamotteindustrie abgeben.

b) Genauere Untersuchung.

Obwohl die bis hierher geschilderten Vorprüfungen wohl geeignet sind, wertvolle Aufschlüsse über die Eigenschaften der bildsamen Erdarten zu geben, so sind sie für alle diejenigen Fälle, in denen es sich um einen tieferen Einblick in die chemische Zusammensetzung der Rohstoffe handelt, keineswegs ausreichend. Es ist das namentlich der Fall, sobald es sich um die Erzielung feinkeramischer Scherben handelt oder auch solcher von hoher Feuerbeständigkeit, welche zugleich dem Angriff von Schlacken und dergl. bei hoher Temperatur ausgesetzt sind. Bei den kalkfreien, weißbrennenden bildsamen Rohstoffen, welche insonderheit für die feinkeramischen Betriebe in Betracht kommen, liefert die sog. rationelle Analyse recht brauchbare Ergebnisse. Sie beschränkt sich auf die Zerlegung der erwähnten Tone in Tonsubstanz d. h. kieselsaure Tonerde ($2\,SiO_2 . Al_2O_3 . 2\,H_2O$), Quarz ($SiO_2$) und Feldspatreste ($6\,SiO_2 . Al_2O_3 . K_2O$). Der Gang dieser sowie derjenige der nachfolgenden Untersuchungen soll hier nur hinsichtlich der für Anfänger in Betracht kommenden Hauptverfahren zur Darstellung kommen. Für geübtere Analytiker muß auf ausführlichere Darstellungen, wie z. B. die von Bollenbach, Laboratoriumsbuch für die Tonindustrie, Post u. a. verwiesen werden.

Zur Ausführung der rationellen Analyse werden etwa 5 gr des feingepulverten und in einem verschließbaren Glasrohr bei 120° ge-

trockneten Tones in einer Porzellankasserolle zunächst mit etwa 150 ccm Wasser bei Uhrglasbedeckung gekocht, bis er sich zu einem zarten Brei verteilt hat. Nach dem Erkalten setzt man vorsichtig und unter öfterem Umschwenken 50 ccm konzentrierter Schwefelsäure hinzu und kocht neuerdings bei bedeckter Kasserolle so lange, bis die durch den allmählich entwichenen Wasserdampf wiederum konzentriert gewordene Schwefelsäure ihrerseits ins Sieden kommt und die Atmungsorgane stark angreifende Dämpfe in Form eines weißen, qualmenden Rauches entläßt. Nach dem Erkalten wird — immer bei bedeckter Schale und unter Beobachtung großer Vorsicht — vorerst tropfenweise und unter ständigem, nachherigem Umschwenken Wasser zugesetzt, bis das Prasseln und Zischen aufhört. Dann füllt man das Gefäß bis zum Rande mit Wasser, welches etwas Chlorwasserstoffsäure enthalten kann, rührt um und läßt, bedeckt, ruhig stehen, bis sich alles, was die Flüssigkeit trübte, zu Boden gesetzt hat, während die letztere klar darüber steht. Der chemische Vorgang, welcher sich durch das Kochen des Tones mit Schwefelsäure vollzog, besteht in der Zersetzung der kieselsauren Tonerde oder Tonsubstanz, unter Bildung von schwefelsaurer Tonerde einer- und von Kieselsäurehydrat und Wasser andrerseits nach der Gleichung:



$$2\,SiO_2\,.\,Al_2O_3\,.\,2\,H_2O + 3\,H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 2\,H_2SiO_3 + 3\,H_2O.$$

Von den Zersetzungsprodukten ist die schwefelsaure Tonerde im Wasser löslich, kann daher durch Auswaschen des Rückstandes mit viel Wasser entfernt werden. Die flockige Kieselsäure löst sich im Wasser und in der etwa zugesetzten Chlorwasserstoffsäure nur teilweise, zumal dann, wenn man das Abrauchen der Schwefelsäure zu weit trieb. Zu ihrer Entfernung bedarf es daher noch weiterer Maßnahmen.

Um zunächst den erstgenannten Zweck, die Entfernung der schwefelsauren Tonerde zu erreichen, gießt man die vollständig geklärte, überstehende Flüssigkeit vorsichtig ab und füllt ein zweites Mal mit Wasser unter sorgfältigem Umrühren auf, läßt wiederum absitzen, gießt ab und wiederholt dieses Verfahren, sofern der Niederschlag ziemlich großen Raum einnahm und das Abgießen daher nur teilweise stattfinden konnte, noch ein drittes Mal. Darauf beginnt die Entfernung des Kieselsäurehydrats damit, daß man den Rückstand mit etwa 250—300 ccm 6—7 prozentiger Natronlauge nahezu zum Kochen erhitzt, absitzen läßt und nach vollständiger Klärung der überstehenden Flüssigkeit soweit als möglich abgießt. Um etwa noch ungelöst gebliebene Kieselsäure gleichfalls in Lösung zu bringen, wird der Rückstand mit roher konzentrierter Salzsäure (etwa 200 ccm) gekocht. Nach der Entfernung dieser letzteren muß

das Kieselsäurehydrat verschwunden sein. Um indessen ganz sicher zu gehen, wiederholt man sowohl das Erhitzen mit Natriumhydroxyd, als auch das mit Chlorwasserstoffsäure noch je einmal und verfährt wie oben angegeben. Die angewandten Mengen können nunmehr in beiden Fällen geringer sein, etwa nur die Hälfte, jedoch muß der Anfänger darauf achten, daß die nach dem Abgießen beim Niederschlag zurückgebliebene Säure bezw. Alkali, nicht etwa ausreichen, um den größten Teil der frisch hinzukommenden Flüssigkeit zu neutralisieren, d. h. unwirksam zu machen.

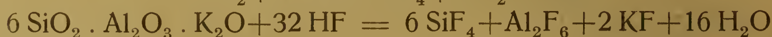
Nach dem letzten Absitzen und Abgießen wird filtriert und mit destilliertem Wasser, welches etwas Salmiak oder Ammoniumnitrat gelöst enthält, gewaschen. Durch den letzteren Umstand wird das teilweise Durchlaufen des nicht selten sehr fein verteilten Rückstandes nach dem Verschwinden der Säure durch die Filterporen vermieden. Man glüht und wägt in einem vorher gleichfalls gewogenen Platintiegel. Der Rückstand besteht aus Quarz, d. h. in Schwefelsäure, verdünnter Natronlauge und verdünnter Salzsäure so gut wie unlöslichem Kieselsäureanhydrid und Feldspattrümmern, von welchen letzteren das nämliche gilt. Was an der ursprünglich abgewogenen Menge fehlt, das war die durch die Schwefelsäure zerstörte kieselsaure Tonerde oder die T o n s u b s t a n z.

Die nächste Aufgabe besteht darin, dieses Gemenge in seine Bestandteile zu zerlegen oder doch, weil das direkt nicht ausführbar ist, wenigstens den einen oder den anderen Bestandteil des aus Feldspat bestehenden Anteils so genau zu bestimmen, daß man aus seinem Gewicht dasjenige des wirklich vorhandenen Minerals zu errechnen vermag. Dazu eignet sich nun die im Feldspat enthaltene Tonerde, besser aber noch das ebenfalls einen seiner wesentlichen Bestandteile bildende Alkali.

Man befeuchtet zu diesem Ende den Rückstand im Platintiegel mit konzentrierter Chlorwasserstoffsäure und setzt vorsichtig Fluorwasserstoffsäure hinzu. Die letztere hat den Zweck, das Kieselsäureanhydrid sowohl, als auch die Kieselsäure des Feldspats in Form von flüchtigem Siliciumfluorid zu entfernen:



$$SiO_2 + 4\,HF = SiF_4 + 2\,H_2O \text{ und}$$



$$6\,SiO_2 \,.\, Al_2O_3 \,.\, K_2O + 32\,HF = 6\,SiF_4 + Al_2F_6 + 2\,KF + 16\,H_2O$$

während Aluminiumfluorid Al_2F_6 und Kaliumfluorid KF hinterbleiben. Nach einigem Stehen bei gewöhnlicher Temperatur wird die Fluß- und Chlorwasserstoffsäuremischung, welcher man vor dem Abdampfen noch einige Tropfen konzentrierter Schwefelsäure beigemischt hat, auf dem Wasserbade verdampft. Der nunmehr aus schwefelsaurer Tonerde, schwefelsaurem Kalium und überschüssiger, konzentrierter Schwefelsäure bestehende Rückstand wird in einem

Sandbade vorsichtig weiter erhitzt, bis die Schwefelsäure in Form eines weißen, stechend riechenden Qualmes vollständig entwichen ist. Rotglühen des Tiegelbodens ist wegen der Zersetzlichkeit der schwefelsauren Tonerde bei hoher Temperatur in jedem Falle zu vermeiden. Der Rückstand ist, wenn man zweckmäßig verfuhr, leicht in Wasser mit etwas verdünnter Salzsäure löslich. Man fällt die Tonerde mit Ammoniak und kann nach deren Gewichtsbestimmung und nach folgendem Ansatz:

$$102 : 556 = a : x$$

$$x = \frac{556 . a}{102}$$

worin 102 bezw. 556 die Molekulargewichte der Tonerde bezw. des Feldspates, a das Gewicht der eben bestimmten Tonerde bedeutet, das Gewicht des in der angewandten Probe vorhanden gewesenen Feldspates berechnen.

Weil aber erfahrungsgemäß die auf diese Weise ermittelte Feldspatzahl stets etwas zu hoch auszufallen pflegt, ist es zweckmäßiger, bei der Berechnung von der zu bestimmenden Alkalimenge auszugehen.

Zu diesem Ende fällt man die Tonerde nebst dem nie ganz fehlenden Eisenoxyd durch Ammoniak und fügt zugleich einige Tropfen einer Lösung von oxalsaurem Ammonium hinzu, um etwa vorhandenes Calciumoxyd in Form von oxalsaurem Kalk mit niederzuschlagen. Man filtriert nach einiger Zeit, wäscht gut aus, dampft das Filtrat ein, verflüchtigt die vorhandenen Ammoniumsalze durch vorsichtiges Erhitzen auf einem Sandbad, löst den Rückstand in möglichst wenig Wasser und setzt ca. 15—20 ccm einer konzentrierten Lösung von neutralem kohlensaurem Ammonium, sog. Schaffgottsche Lösung, hinzu. Nach ca. 12 stündigem Stehen wird filtriert und der alles, etwa vorhanden gewesene, Magnesiumoxyd enthaltende kristallinische Rückstand mit Schaffgottscher Lösung gewaschen. Man dampft das Filtrat ein, vertreibt die Ammoniumsalze durch vorsichtiges Erhitzen im Sandbade, löst in wenig Wasser unter Zusatz eines Tropfens Ammoniak, wodurch etwa noch vorhandene geringe Mengen Tonerde niederfallen, filtriert durch ein ganz kleines Filter in einen gewogenen Platintiegel, dampft ein, glüht mäßig, zuletzt stärker und wägt. Das Gesamtgewicht, abzüglich desjenigen des Tiegels, gibt die Gewichtsmenge schwefelsauren Alkalis, aus welcher der Gehalt an K_2O durch die Proportion

$$174 : 94 = k : m$$

$$m = \frac{94 . k}{174}$$

wo 174 und 94 die Molekulargewichte des schwefelsauren Kaliums bezw. des Kaliumoxyds und k die gefundene Menge schwefelsauren Alkalis bedeuten, leicht zu ermitteln ist. Daraus ergibt sich dann aber auch leicht die in dem zur Analyse angewandten Ton enthalten gewesene Feldspatmenge durch die weitere Proportion:

$$94 : 556 = m : x$$

$$x = \frac{m \cdot 556}{94}$$

in welcher 94 u. 556 die Molekulargewichte des Kaliumoxyds bezw. des Feldspates, m die aus der Analyse errechnete Menge Kaliumoxyd und x die sich daraus ergebende Feldspatmenge bedeuten. Der Rest ist Quarz. Man gelangt zu dem nämlichen Ergebnis auf kürzerem Wege durch Zusammenfassung beider Proportionen zu einer einzigen:

$$174 : 556 = k : x, \text{ woraus}$$

$$x = \frac{k \cdot 556}{174}$$

Bei dieser Berechnungsweise ist allerdings vorausgesetzt, daß die ganze Menge des schwefelsauren Alkalis aus schwefelsaurem Kalium besteht, was nicht ganz zutrifft, weil fast immer auch geringe Mengen schwefelsauren Natriums anwesend sind. Der auf diese Weise bewußt begangene Fehler ist für praktische Zwecke aber von so gut wie keiner Bedeutung.

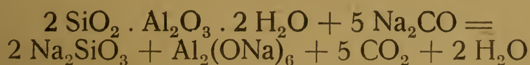
Unzulässig allerdings ist das Verfahren, sobald es sich um streng wissenschaftliche Untersuchungen handelt. Bezüglich der in diesem Falle anzuwendenden Trennungs- und Bestimmungsverfahren für Kalium und Natrium wird auf Bollenbach, Laboratoriumsbuch S. 37 verwiesen.

Wie bereits erwähnt, gibt die rationelle Analyse nur bei verhältnismäßig wenig Tonen, nämlich nur bei denjenigen, welche fast ausschließlich nur aus den drei genannten Stoffen bestehen, zuverlässigen Aufschluß. Bei solchen hingegen, welche stark kalk- oder eisenoxydhaltig sind oder auch noch andere Substanzen enthalten, werden die Angaben schwankend und unzuverlässig. Desgleichen erfordern alle diejenigen Untersuchungen, an welche sich wichtige Erwägungen technischer oder wissenschaftlicher Art knüpfen, ein genaueres Zerlegungsverfahren. Ein solches ist in der Chemischen Analyse gegeben. Diese letztere zerlegt die Tone in die Einzeloxyde, aus denen sie sich zusammensetzen, und bestimmt ihre Menge nach dem Gehalt in 100 Gewichtsteilen, sie nimmt aber keine Rücksicht auf deren Verteilung auf ganz bestimmte chemische

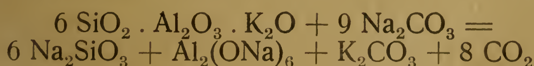
Verbindungen. Es hindert das indessen nicht, durch sie einen noch klareren Einblick in die chemische Beschaffenheit eines Rohstoffes zu erlangen, als das bei der rationellen Analyse der Fall ist und sein kann.

Die direkte Gewichtsbestimmung der einzelnen Oxyde erfordert eine doppelte Probenahme und eine getrennte Untersuchung beider Proben. Während die eine 1. zur Bestimmung der Kieselsäure und sämtlicher Basen, soweit sie den alkalischen und den eigentlichen Erden angehören, benutzt wird, dient die andere 2. lediglich zur Ermittelung der Alkalien.

1. Etwa ein Gramm des feinstgepulverten, bei 120° getrockneten und in einem verschließbaren Röhrchen aufbewahrten Tonpulvers wird mit der 4—6fachen Menge eines molekularen Gemenges von kohlensaurem Kalium und kohlensaurem Natrium in einem Platintiegel vermischt und letzterer über einer freien Flamme vorsichtig erhitzt. Nach dem Aufhören des Schäumens, hervorgerufen durch Entweichen des Kohlendioxyds, erhitzt man noch kurze Zeit bei gesteigerter Temperatur und legt den erkalteten Tiegel nebst dem Deckel in ein Schälchen mit etwa 100 ccm destillierten Wassers. Gelindes Erwärmen auf dem Wasserbad befördert das Aufweichen und Ablösen der Schmelze von den Tiegelwänden und dem Tiegeldeckel. Ist das geschehen, sind Tiegel und Deckel abgespült, und ist die Schmelze völlig zergangen, so setzt man bei aufgelegtem Uhrglas langsam und unter jeweiligem Umrühren Salzsäure hinzu, welche die Aufgabe hat, sämtliche Karbonate und Oxyde in lösliche Chloride überzuführen und auch die anwesenden Alkalisilikate zu zersetzen. Die abgeschiedene Kieselsäure geht dabei oft vollständig in Lösung, zuweilen scheidet sich ein Teil in Form von Flocken ab. Etwa ungelöst bleibende, knirschende Substanz zeigt einen Mißerfolg des Aufschließungsprozesses an und macht eine Wiederholung der Arbeit erforderlich. Die Vorgänge, welche sich bei dem sogen. Aufschließen des Tonpulvers vollziehen, werden durch die nachstehenden Gleichungen veranschaulicht:



$$2\,SiO_2 \,.\, Al_2O_3 \,.\, 2\,H_2O + 5\,Na_2CO = 2\,Na_2SiO_3 + Al_2(ONa)_6 + 5\,CO_2 + 2\,H_2O$$



$$6\,SiO_2 \,.\, Al_2O_3 \,.\, K_2O + 9\,Na_2CO_3 = 6\,Na_2SiO_3 + Al_2(ONa)_6 + K_2CO_3 + 8\,CO_2$$



$$SiO_2 + Na_2CO_3 = Na_2SiO_3 + CO_2$$

Bei gelungenem Versuch wird, nachdem sämtliches Kohlendioxyd entwichen ist, das Uhrglas entfernt, die ganze Flüssigkeit zur staubigen Trockne verdampft und der Rückstand im Luft-

bade, bei leicht bedeckter Schale, auf 120° C während etwa eineinhalb Stunden, erhitzt. Dadurch geht das Kieselsäurehydrat in eine unlösliche Form über. Nach dem Erkalten, Befeuchten mit starker Salzsäure und etwa 10 Minuten langem Stehen sind die durch das Erhitzen teilweise zersetzten und schwerlöslich gewordenen Chloride wieder im Wasser löslich geworden, so daß beim Uebergießen mit heißem, destilliertem Wasser alles, mit Ausnahme der Kieselsäure, in Lösung geht. Diese letztere wird abfiltriert, mit heißem Wasser ausgewaschen, in einem gewogenen Platintiegel geglüht, ihrem Gewicht nach festgestellt und mit Hülfe des nachfolgen Ansatzes auf 100 Gewichtsteile umgerechnet:

$$a : g = 100 : x$$

$$x = \frac{100 . g}{a}$$

wobei a das Gewicht der in Arbeit genommenen Tonmenge, g das Gewicht der gefundenen Kieselsäure und x den Prozentgehalt an dieser letzteren bedeutet.

Das Filtrat von der Kieselsäure wird auf 500 ccm gebracht. Man entnimmt, nachdem die Flüssigkeit mit dem zugesetzten Wasser gut vermischt worden ist, 200 ccm in ein besonderes Gefäß, erhitzt im Wasserbade, oxydiert mit etwas Salpetersäure, fällt Tonerde und Eisenoxyd mit wenig überschüssigem Ammoniak, filtriert noch heiß, wäscht mit heißem Wasser gut aus und verfährt beim Glühen, Wägen und Berechnen des Prozentgehaltes genau wie bei der Kieselsäure, jedoch, nachdem man die gefundene Menge mit 2,5, welche dem Gehalt in 500 ccm entspricht, multipliziert hat. Man erhält so den Prozentgehalt des Tones an Tonerde, vermischt mit demjenigen an Eisenoxyd.

Zur Bestimmung des Eisenoxyds verwendet man weitere 200 ccm des Filtrats von der Kieselsäure. Man dampft diese nach Zusatz von etwas konz. Schwefelsäure im Wasserbade ein, bis der Geruch nach Chlorwasserstoffsäure gänzlich verschwunden ist, füllt nach dem Verdünnen in ein Kölbchen und legt ein etwa 1—1,5 cm langes Stäbchen reinen Zinks, zweckmäßig in einen Platinstreifen gehüllt und an einen Platindraht befestigt, hinein, wodurch bei gelinder Wärme lebhafte Wasserstoffentwicklung eintritt, durch die sämtliches Eisenoxyd nach und nach in Eisenoxydul übergeführt wird. Die Reduktion ist beendigt, sobald ein Tropfen Rhodankaliumlösung auf einem Uhrgläschen durch einen Tropfen der Reduktionsflüssigkeit nicht mehr rot gefärbt wird. Man läßt nun, nach Entfernung des Zinks und Platins, sowie des etwa gelösten Wasserstoffes aus einer graduierten Bürette eine Lösung von übermangansaurem Kalium, welche so eingestellt ist, daß 1 ccm verbrauchter

Lösung die Gegenwart von 1 mgr Eisenoxyd anzeigt, solange tropfenweise und unter ständigem Umschwenken der Flüssigkeit einfließen, bis bleibende Rotfärbung auftritt. Die Anzahl der verbrauchten ccm ergibt die Gewichtsmenge des vorhandenen Eisenoxyds in 200 ccm und, mit 2,5 multipliziert, diejenige in 500 ccm, welche der abgewogenen Tonmenge entsprechen. Auf 100 umgerechnet, lehrt diese den Prozentgehalt kennen. Subtrahiert man letzteren von der Prozentzahl für Tonerde + Eisenoxyd, so ist der Unterschied dem Prozentgehalt an reiner Tonerde gleichzuachten.

Das Filtrat von der Tonerde + Eisenoxyd wird etwas eingedampft und noch heiß mit Ammoniak und oxalsaurem Ammonium versetzt. Man filtriert erst, nachdem sich die Flüssigkeit in gelinder Wärme vollkommen geklärt hat, wäscht mit heißem Wasser, glüht stark und wiederholt bis zu gleichbleibendem Gewicht. Man erhält so die Menge des Calciumoxyds, welche, multipliziert mit 2,5 und auf 100 umgerechnet, den Prozentgehalt zu ermitteln gestattet.

Das Filtrat vom Kalk dampft man stark ein, fügt Ammoniak und phosphorsaures Natrium hinzu und läßt 24 Stunden stehen. Anwesendes Magnesium zeigt sich dann in Form einer kristallinischen Ausscheidung von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia, welche, abfiltriert, mit ammoniakhaltigem Wasser (1 : 3) gewaschen, im Porzellantiegel stark geglüht und als pyrophosphorsaures Magnesium ($Mg_2P_2O_7$) gewogen wird. Mit Hilfe des nachfolgenden Ansatzes findet man den Gehalt an Magnesiumoxyd, welcher mit 2,5 multipliziert und auf 100 umgerechnet zu der Prozentmenge führt:

$$222 : 80 = a : x$$

$$x = \frac{a \cdot 80}{222}$$

222 und 80 bedeuten die Molekulargewichte des pyrophosphorsauren Magnesiums bezw. eines Doppelmoleküls des Magnesiumoxyds, a ist die gefundene Menge $Mg_2P_2O_7$ und x die darin enthaltene Gewichtsmenge Magnesiumoxyd, MgO.

2. Die Bestimmung der Alkalien wird genau so gehandhabt, wie es bereits bei der rationellen Analyse des näheren beschrieben wurde, so daß sich eine Wiederholung erübrigt. Andere, z. T. abweichende Methoden finden sich bei Bollenbach, Laboratoriumsbuch S. 37 ausführlich beschrieben.

Bezüglich der verfeinerten Schlämmverfahren, welche, wie beim Schöneschen Apparat, zugleich eine quantitative Zerlegung des Tones nach der Korngröße gestatten, der Bestimmung der Dichte

und Porosität usw., wird gleichfalls auf Bollenbach S. 55—57, bezüglich der Methoden zur Bestimmung des Gehaltes an trockener Substanz in breiförmigen Flüssigkeiten und zur Bestimmung des spezifischen Gewichts der Tone aber auf des Verf. Keramisches Rechnen, III. Aufl. S. 138 verwiesen.

B. Prüfung der nicht bildsamen Rohstoffe.

Wie schon erwähnt, sind an der keramischen Arbeit eine so große Menge der allerverschiedensten Stoffe beteiligt, daß hier nicht daran gedacht werden kann, Prüfungsmethoden für diese alle anzugeben. Es kann sich nur darum handeln, über die hauptsächlichsten, d. h. diejenigen, die in großer Menge verwendet werden und von deren Beschaffenheit das Gelingen der Arbeit in hohem Maße abhängt, einiges anzuführen.

a) Vorprüfung.

1. Sämtliche Quarzrohstoffe, wie Felsquarz, Feuerstein, Quarzit, Sandstein, Quarzsand werden zweckmäßig in gutgewählter Durchschnittsprobe einer Temperatur von mindestens Kegel 9 bis 11 ausgesetzt. Reiner Quarz wird dadurch lediglich aufgelockert, flußmittelhaltiger verglast teilweise und backt zusammen, der Gehalt an Eisenoxyd gibt sich als braune Schlacke zu erkennen, reiner Quarzsand bleibt locker, wie vor dem Glühen. Das nämliche Verfahren eignet sich für die Vorprüfung von

Feldspat. Schwach geglühter Feldspat zerfällt leicht zu einer blätterigen Masse, in welcher sich eingesprengter Quarz leicht erkennen läßt. Verunreinigungen durch Eisenoxyd treten indessen deutlicher bei völligem Einschmelzen des Minerals, was bei bereits zerkleinerterWare ja ohnehin notwendig ist, in die Erscheinung. Das Feldspatglas, welches man bei Temperaturen von Kegel 10—14 erhält, ist nie ganz klar, sondern opak weiß und bei Kalkgehalt grünlich. Eisenoxydgehalt, z. T. von Glimmer herrührend, macht sich durch schmutzige, braune und dunkelbraune Flecke bemerkbar, eingesprengter Quarz bleibt ungeschmolzen. Geringer Gehalt an Fluor oder Schwefelsäure oder an beiden zugleich bewirkt zuweilen stärkeres schaumiges Auftreiben des Glases.

Feldspatsorten, welche derartiges Glas liefern, werden besser von der Fabrikation ausgeschlossen.

Ueber die Höhe des Schmelzpunktes gibt das Niederschmelzen eines aus dem Pulver des zu prüfenden Feldspats gefertigten Kegels, welcher zweckmäßig mit einem anderen, aus einem für Fabrikationszwecke bereits erprobten Feldspat oder mit Kegeln der Segerschen

Reihe verglichen wird. Von dem erprobten Feldspat werden daher zweckmäßig eine größere Anzahl von Kegeln für Prüfungszwecke vorrätig gehalten. Sehr flußmittelreicher Feldspat schmilzt früher als der Normalkegel 11, sehr quarzreicher hingegen später. Reiner Albit ist nur wenig leichter schmelzbar als Kegel 9.

Das nämliche Verfahren kann zur Prüfung der Pegmatite, Pechsteine, Porphyre, Felsite, Granite, Trachyte, Basalte, Melaphyre, Grünsteine usw., sofern sie für die Fabrikation in Betracht kommen, angewendet werden. Pegmatite und Felsite, zumal verwitterte, pflegen wegen ihres reichen Quarzgehaltes nicht völlig einzuschmelzen, sondern nur zu sintern und zu verglasen. Eisengehalt kann leicht an der braunen Schlacke erkannt werden, welche bei den beiden genannten Mineralien zuweilen fehlt, so daß sie auch für die Erstellung von weißscherbiger Ware brauchbar sein können. Alle übrigen schmelzen wegen mehr oder weniger starken Eisengehalts farbig ein. Man hält diejenigen für die geeignetsten, welche die am wenigsten schaumigen Gläser liefern.

Die Vorprüfung der Kalk-, Magnesium-, Barium-, Strontium-, Mangan- und sonstigen Verbindungen, sofern sie als natürlich vorkommende Stoffe in den Handel kommen, erfolgt am besten durch die qualitative Analyse, auf deren Methoden hier jedoch nicht näher eingegangen werden kann. Die reinen Karbonate von Calcium, Magnesium, Barium, Strontium lösen sich in verdünnter Salzsäure klar auf. Geschieht das nicht, so ist, wie z. B. bei der Kreide, ein Gehalt an Kieselsäure und an tonigen Substanzen die Ursache. Natürlich vorkommender Braunstein zeigt nach kurzer Behandlung mit Salzsäure sehr oft reichlich eingelagertes taubes Gestein, welches der oberflächlichen Besichtigung nicht selten vollkommen entgeht.

Gips ist in reinem Zustande in sehr verdünnter Salzsäure löslich. Kleine Verunreinigungen machen indessen, weil der Gips lediglich zur Herstellung der Gipsformen dient, die Ware nicht unbrauchbar, sofern die sonstigen Eigenschaften zweckentsprechend sind. Gebrannter Gips von guter Beschaffenheit darf sich nach dem Anrühren mit Wasser nicht leicht von diesem abtrennen, weil dadurch Fehlgüsse hervorgerufen werden; er darf ferner nicht zu schnell abbinden und soll, nach erfolgter Erstarrung, eine gewisse Härte annehmen, die dem natürlichen Gipsgestein nahe kommen muß. Das durchweg gleichartige Gipsmehl darf zwischen den Fingern nicht den Eindruck des Sandgehalts hervorrufen und muß, nach dem ersten Erstarren getrocknet, gepulvert und nochmals mit Wasser angerührt, wiederum und so mehrfach erstarren oder doch ansteifen.

Knochenasche muß beim Glühen rein weiß bleiben. Es sind in der Regel nur Rinderknochen, die eine für keramische Zwecke

brauchbare Asche liefern. Bei Selbstgewinnung ist daher auf diesen Umstand sorgsam zu achten.

b) Genauere Prüfung.

Eine tiefgehendere Prüfung der Rohstoffe kann nur auf dem Wege der chemischen Analyse erfolgen, deren Methoden hier nicht aufgeführt werden können. In dieser Hinsicht muß auf die bekannten Lehrbücher für die quantitative chemische Analyse verwiesen werden.



Sonderteil.

Allgemeines.

Das aufmerksame Studium des Vorangegangenen wird leicht erkennen lassen, daß die Natur die Rohstoffe nur verhältnismäßig selten in der für die Warenherstellung direkt dienlichen Form liefert, sondern daß in vielen Fällen, in der Feinkeramik wohl ausschließlich, eine sorgfältige Aufbereitung der endlichen Gewinnung der eigentlichen Arbeitsmasse *) vorangehen muß. Weil mit der meist starken Trockenschwindung der feinkörnigen, hochbildsamen Rohstoffe fast ausnahmslos auch eine starke Feuerschwindung Hand in Hand geht, die ihrerseits wieder zu mannigfachen Unzuträglichkeiten, wie zum Verziehen, zur Rissebildung, zur Aufblähung und dergl. Anlaß gibt, so muß diesen Uebelständen durch eine, je nach den Umständen, stärkere oder schwächere Magerung der Tone vorgebeugt werden. Man hat darunter den Zusatz von wenig oder gänzlich unbildsamen Stoffen zu verstehen. Als natürliche Magerungsmittel kommen bei der Grobkeramik von jeher alle Arten von Sanden, sofern sie nicht Kalkbrocken oder sonstige Schädlinge führen, in Betracht. Dazu sind insbesondere auch die Kaolinsande zu rechnen, desgleichen sehr magere Tone und Lehme, sofern sie frei von schädlichen Bestandteilen sind. Für Massen, bei denen Kalkgehalt erwünscht ist, dienen Ton- und Kalkmergel, Schlämmkreide und dergl. als willkommene Magerungsmittel. Voraussetzung ist freilich, daß sie von gröberen Kalkbrocken frei oder vorher befreit worden sind. Soll das Magerungsmittel zugleich zur Auflockerung des Scherbens dienen, so wird es aus verbrennlichen Stoffen, wie Kohlenklein, Holzsägemehl, Strohabfall, Häcksel, Spreu, Torfbrocken und dergl. ausgewählt. Tönerne Schmelztiegel für die Metallindustrie erhalten, teils zur Erhöhung der Feuerfestigkeit, teils zur Erhaltung einer reduzierenden Atmosphäre beim Schmelzen einen beträchtlichen Graphitzusatz zur Tonmasse usw. Die feinkeramischen Massen aus Kaolin oder weißbrennenden Tonen bedürfen gleichfalls magernder Zusätze, welche zugleich auch einen wesentlichen Einfluß auf die Bildung des Scherbens ausüben. Dazu ge-

*) Näheres s. des Verf. „Keramische Arbeitsmassen", Sprechsaal 1915, Nr. 13—20.

hören reine Quarzsande, Felsquarz, Feuersteine, Feldspate, Pegmatite, Felsite und, sofern es auf weiße Farbe des Scherbens nicht so sehr ankommt, auch Porphyre, Trachyte, Phonolithe und sonstige jüngere Eruptivgesteine, welche reich an alkalischen Flußmitteln sind. Diese Zusatzstoffe bedürfen wegen ihres meist verfestigten Vorkommens zuweilen einer mühevollen Aufbereitungsarbeit, um sie in den feingepulverten Zustand überzuführen, in welchem allein sie dem Tonrohstoff zugemischt werden können. Das letztere gilt auch von den künstlich bereiteten Stoffen, welche ebenfalls als Magermittel eine Rolle spielen. So z. B. bedient sich die Industrie der feuerfesten Tonwaren in großem Umfange, außer bei den Quarzgesteinen, des Zusatzes von Schamotte zu ihren Arbeitsmassen. Dieser Rohstoff wird in verschiedener für die Weiterverarbeitung geeigneter Körnung gewonnen und besteht aus gebrannten feuerfesten Tonen, Tonschiefern und Schiefertonen oder auch aus Abfall von Fabrikaten aus derartigen Rohstoffen, wie dem Bruch von Schamottesteinen, auch bereits in Verwendung gewesenen, nicht verglasten, dem Kapselbruch aus den Porzellanfabriken und dergl. Es ist selbstverständlich, daß der Schamotteversatzstoff bezüglich seiner Feuerfestigkeit sowohl wie auch bezüglich der zu wählenden Korngröße dem Zweck, dem die zu fabrizierende Ware dienen soll, genau angepaßt werden muß.

In der Ziegelfabrikation bedient man sich in gleicher Weise des Ziegelmehles als Magerungsmittel. Es wird aus dem Abfall der Ziegelwaren durch Zerkleinerung und Mahlung dieser gewonnen.

Steinzeug, Steingut und Porzellanscherben, glasierte und unglasierte bilden im zerkleinerten Zustande gleichfalls geschätzte Magerungsmittel, insbesondere in jenen Fällen, welche sich mit der Herstellung der erwähnten Warengattungen befassen.

Das in jedem Fall zuzusetzende Maß an Magermitteln hängt von der größeren oder geringeren Aufnahmefähigkeit des gegebenen Tons ab und muß in jedem Falle durch den Versuch festgestellt werden. Normale feuerfeste, bildsame Tone sind z. B. imstande, oft ganz beträchtliche Mengen an Schamottekörnern aufzunehmen. In den meisten Fällen kommen indessen nur gleiche Raumteile zur Anwendung.

Es ist einleuchtend, daß der Zusatz eines Magerungsmittels auf die Brennfarbe des Tones oft einen sehr wesentlichen Einfluß ausübt und daß dessen Auswahl in vielen Fällen hierauf Rücksicht zu nehmen hat. Dunkelrot brennende Tone z. B. werden durch Zusatz von weißbrennenden Magerungsmitteln sich bezüglich der Farbe aufhellen, was unter Umständen erwünscht, aber auch unerwünscht sein kann. Mißfarbig brennende können durch ein geeignetes, farbiges Magerungsmittel in ihrer Farbe bedeutend aufgebessert wer-

den. Kalkreiche Magerungsmittel wirkend ausbleichend auf die rote Farbe des Eisenoxyds und verwandeln sie in Braunrot, Braungelb und Gelb, je nach der größeren oder geringeren Menge der letzteren.

Weil nun besonders in der Baukeramik die Farbe des Fabrikats eine sehr bedeutende Rolle spielt, so vereinigt sich mit der Magerung nicht selten der fernere Zweck, durch die Mischung verschiedener Tonsorten zu einer ganz bestimmten Brennfarbe zu gelangen. Bei hinreichend mageren Tonen kann hierbei die Absicht des Magerns ganz in den Hintergrund treten. Die Magerung erfolgt am besten auf trockenem Wege durch innige Vermengung des Tonpulvers samt den etwa sonst noch erforderlichen Zusatzstoffen. In der Feinkeramik wird die innige Vermischung in der Regel durch das Schlämmverfahren herbeigeführt, bei welchem zugleich die gröberen, schädlich wirkenden Bestandteile zur Entfernung gelangen. Auch tritt hier die Rücksicht auf die Brennfarbe gegenüber derjenigen auf die gewünschte Bildsamkeit, Gießfähigkeit und die sonstigen Eigenschaften der Masse häufig in den Hintergrund.

Die unerwünschten oder, sofern feinere Waren in Betracht kommen, direkt schädlichen Beimengungen der Tone an gröberen Bestandteilen, deren Entfernung durch den Schlämmprozeß zwar möglich, indessen kostspielig ist, wurden bereits wiederholt erwähnt. Weil nun die für die Fabrikation brauchbaren Feinton-Bestandteile, abgesehen von der bildsamen Tonsubstanz, hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung in der Regel nichts weiteres darstellen, als die groben, ausschlämmbaren Teile, nur im feinzerkleinerten Zustande, so ist leicht einzusehen, daß die schädliche Wirkung der groben Bestandteile nur mehr in eben dieser ihrer Eigenschaft, in dem groben Korn, bestehen kann. In ebenso feiner Verteilung, wie die Feintonbestandteile, würde ihre Schädlichkeit praktisch verschwinden. In der Tat beweist der Versuch, daß selbst die weiter oben bezeichneten Hauptschädlinge wie Schwefelkies, Kalksteinbrocken, Toneisensteinknöllchen usw. dem Ton, aus welchem sie stammen, in gleicher Menge, aber in feingemahlenem Zustand beigemengt, aufhören, Schädlinge zu sein. Das gilt in verstärktem Maße für den Hauptbestandteil des Schlämmrückstandes, den Quarzsand, welcher letztere weiter oben — selbstverständlich in nicht allzu grober Form — als Magermittel empfohlen wurde. Wenn man also z. B. Quarz in grober Form durch den Schlämmprozeß entfernt, um solchen aus feinerem Korn wieder zuzusetzen, wie das oft geschieht, so liegt darin ein Widerspruch, verbunden mit einem Rohstoffverlust, welcher letztere indessen durch den Mahlprozeß umgangen werden kann.

Obwohl in der Feinkeramik stark in Anwendung, ist das Mahlverfahren in der niederen Keramik noch so gut wie unbekannt,

trotzdem es überall da, wo der Schlämmprozeß in Anwendung kommen muß oder zur Erzeugung besserer Waren in Anwendung kommen sollte, einen wesentlichen Fortschritt im Gefolge haben würde. Das kostspielige und zeitraubende Schlämmverfahren wird überflüssig, an Rohstoff wird gespart, man erhält in jeder Beziehung gleichartig zusammengesetzte Masse, die sich fast immer auch zum Gießverfahren eignet, man ist in der Lage, jede beliebige Mischung mit anderen Tonen oder Mager- und Färbemitteln schon in der Mühle aufs innigste zu bewirken, vermindert den Ausfall und kann stets gleichartige und gefällige Ware zum Angebot bringen.

Die Massemischungen der Grobkeramik werden in den Fabriken meist nicht nach Gewicht, sondern nach Maßteilen, Wagen, Karren usw. bewirkt, auch dann, wenn sie in der Vorprobe nach Gewichtsteilen festgestellt worden sind. Im letzteren Falle bedarf es einer Umrechnung. Angenommen eine Probe von

45	Gwt.	Ton	A
23	„	„	B
16	„	Magermittel	C und
16	„	„	D
100			

habe ein brauchbares Ergebnis geliefert und soll in die Fabrikation eingeführt werden. Zur Umrechnung nach den in der Fabrik gebräuchlichen Raumteilen stellt man das Gewicht gleicher Maßteile der vier beteiligten Rohstoffe auf der Wage fest. Angenommen man findet, daß ein Maßteil von Ton A: 15, ein solcher von Ton B: 11,4, von Magermittel C: 16,8 und von D: 22,0 Gewichtsteilen entspricht. Dann ergeben sich folgende Ansätze und Werte:

$$15 : 1 = 45 : x \text{ und}$$

$$x = \frac{45}{15} = 2{,}87 \text{ Raumt. Ton A}$$

Ferner: $$11{,}4 : 1 = 23 : x \text{ woraus}$$

$$x = \frac{23}{11{,}4} = 2{,}01 \text{ Raumt. Ton B}$$

Desgleichen $$16{,}8 : 1 = 16 : x, \text{ woraus}$$

$$x = \frac{16}{16{,}8} = 0{,}95 \text{ Raumt. Magerm. C}$$

und $$22{,}0 : 1 = 16 : x, \text{ woraus}$$

$$x = \frac{16}{22} = 0{,}73 \text{ Raumt. Magerm. D.}$$

Daraus folgt das Mischungsverhältnis nach Raumteilen zu

2,87	Rt.	Ton	A
2,01	„	„	B
0,95	„	Magerm.	C
0,73	„	„	D
6,56			

welches durch Multiplikation oder Division mit ein und derselben Zahl beliebig abgeändert und den gegebenen Verhältnissen angepaßt werden kann.

Die Berechnungen zur Massemischung in der Feinkeramik sind umständlicher. Bezüglich ihrer Methoden wird auf des Verf. Keramisches Rechnen, III. Aufl. S. 125 verwiesen.

Enthält ein Ton beispielsweise 11,2 v. H. an kohlensaurem Kalk und soll dieser Prozentgehalt durch Zusatz von Schlämmkreide etwa auf 28,5 v. H. erhöht werden, so führt die folgende Ueberlegung zum Ziel. Der gegebene Ton besteht aus 88,8 Gwt. tonigem Stoff und 11,2 Gwt. kohlensaurem Kalk. Die Mischung aber soll nur 71,5 Gwt. des ersteren und 28,5 Gwt. des letzteren enthalten. Die Proportion:

$$71{,}5 : 28{,}5 = 88{,}8 : x, \text{ woraus}$$

$$x = \frac{28{,}5 \cdot 88{,}8}{71{,}5} = 35{,}40$$

lehrt, daß zu 88,8 Gwt. toniger Substanz 35,4 Gwt. Schlämmkreide gehören, um dem Anspruch zu genügen. 88,8 + 35,4 = 124,2. Das heißt: Zu 100 Gewichtsteilen des gegebenen Tons müssen noch 24,2 Gewichtsteile an Schlämmkreide hinzugesetzt werden, damit sich der Gesamtgehalt an kohlensaurem Kalk auf 28,5 Prozent erhöht..

Einzelnes.

Auf der durch den allgemeinen Teil und durch den vorhergegangenen Abschnitt geschaffenen Grundlage ist es nun möglich, sich mit den Einzelheiten der Fabrikation der verschiedenen Warengattungen zu beschäftigen.

I. Irdenware.

Nach der in der Einleitung gegebenen Einteilung zerfällt diese ausgedehnte Gruppe von Tonwaren in zwei große Unterabteilungen, in die unglasierte und die glasierte Irdenware. Die erstere wiederum umfaßt die beiden Gruppen der gewöhnlichen Irdenware und der Schamotteartikel, die letztere diejenigen der gewöhnlichen und der feineren, glasierten Irdenware einerseits und der Schmelzware oder Fayence andererseits.

A. Unglasierte Irdenware.

1. Einfache. Zu dieser Gruppe gehören sämtliche, den Bau- und Entwässerungszwecken dienenden porösen Tonwaren, von den gewöhnlichen Hintermauerungs- bis zu den feineren Mauersteinen für Rohbauzwecke, die sogen. Verblender, die mannigfachen Abarten der Dachziegel, die Hohl-, Decken- und porösen Ziegel, die sogen. Bauterrakotten bis zu den feinsten Zierformen, die Drainröhren, endlich die Gärtnereiblumentöpfe usw.

a) Einfache Ziegelwaren, Drainröhren und Blumentöpfe. Die für diese Gruppe verwendeten Tone gehören zu den verhältnismäßig minderwertigen, d. h. stark mit fremdartigen Beimengungen versetzten. Unter diesen letzteren sind die gewöhnlichsten: Quarzsand, kohlensaurer Kalk und Eisenverbindungen. Der Scherben ist meist dunkelfarbig, nie weiß. Ihr Erweichungspunkt liegt daher dem Garpunkt ziemlich nahe und pflegt sich in dem Zwischenraum zwischen Kegel 07a bis Kegel 02a zu bewegen. Diesem Umstande hat sich die Brenntemperatur anzupassen. Als Magerungsmittel, zunächst unverbrennliche, sofern eine Magerung erforderlich ist, dienen: Sand, magerer Ton oder Lehm, Ziegelmehl und Erde, sodann verbrennliche, wie Strohabfall, Häcksel, Spreu, Torf, Koks, Braunkohle, Sägespäne und dergl., mit welchen zugleich eine Auflockerung, wie z. B. bei Deckensteinen und eine erhebliche Verminderung des Gewichts erreicht werden. Schädlinge der Ziegeltone sind insbesondere Brocken von kohlensaurem Kalk und Schwefelkies.

Die Anforderungen, welche an gute Mauersteine gestellt werden, sind, abgesehen von einer tadellosen Form, heller Klang, nicht zu große Härte, Freiheit von Sprüngen und Rissen, desgleichen von schädlichen Einschlüssen, wie groben Brocken von gebranntem Kalk, groben Quarzstücken und schwefelsauren Salzen oder Stoffen, die zur Bildung solcher führen können. Sie dürfen ferner nicht mehr als 15 v. H. ihres Eigengewichts an Wasser aufzunehmen imstande sein, andernfalls entsteht die Gefahr der Frostunbeständigkeit, und ihre Druckfestigkeit muß im Mittel 250 kg auf den Quadratzentimeter betragen. Von Drainröhren und Blumentöpfen wird, bei hinreichender Festigkeit des Scherbens, eine große Durchlässigkeit für Wasser erfordert. Kalkhaltige Tone kommen für beide nicht in Frage. Die Trockenschwindung soll nicht mehr wie 6, die Gesamtschwindung nicht mehr als 12 v. H. betragen.

b) Frontsteine, Verblender und Dachsteine stellen erheblich größere Anforderungen an den Rohstoff sowohl,

wie an die etwa hinzuzufügenden Magermittel. Ausschlaggebend für ihre Anwendung ist außerdem ihre Farbe und deren Gleichartigkeit. Feinkörnigkeit der Masse und erhöhte Bildsamkeit sind unerläßliche Bedingungen. Die Farbe bewegt sich zwischen sattem Rot bis Braunschwarz und durchläuft alle Töne von Gelbbraun und Braungelb. Die vornehmste Anforderung, besonders an Dachsteine, ist unbedingte Wetterbeständigkeit, und, trotz vorhandener Porosität, Undurchlässigkeit für Wasser. Noch höhere Anforderungen an die Arbeitsmasse stellen die

c) Bauterrakotten aller Art, Zierblumentöpfe, Blumentopfhüllvasen und dergl. Bei Bauterrakotten handelt es sich nicht selten um sehr große und wuchtige Werkstücke, um Figuren- und Figurengruppen, Vasen, Bekrönungen, Turmspitzen, Konsolen, Simse, Stücke, die zum allergrößten Teil in Gipsformen gebildet werden, wozu hervorragend bildsame Masse erforderlich ist, die nur selten aus einem gegebenen Naturton besteht, sondern meist aus mehreren zusammengesetzt ist. Da bei so großen Werkstücken eine starke Luft- oder Feuerschwindung nicht stattfinden darf, so muß durch reichliche Zuführung geeigneter und feingemahlener Magermittel, wie Schamotte-, Ziegelmehl und dergl. für Herabsetzung der Schwindung Sorge getragen werden. Was die eine ausschlaggebende Rolle spielende Farbe anlangt, so sind sandsteingraue, hellbraungelbe bis rotgelbe und auch schokoladebraune Farbtöne bevorzugt. Nur in der Terrakottenkleinkunst bedient man sich auch beliebiger anderer, z. T. durch innigste Vermengung der Arbeitsmassen mit sogen. Farbkörpern künstlich gewonnener Farben, von denen weiter unten die Rede sein wird.

d) Siderolith und Terralith. Die erstere Bezeichnung wird porösen Tonwaren aus feingeschlämmten oder gemahlenen Tonen von irgendwelcher Brennfarbe beigelegt, welche mit farbigem Lack, Wachs oder Firnis überzogen und z. T. getränkt sind, so daß die Oberfläche dicht erscheint. Die letztgenannte Ware unterscheidet sich vom Siderolith nur dadurch, daß an Stelle der Lack-, Wachs- oder Firnisfarbe eine Politur der Oberfläche vorgenommen wird, welche durch Bürsten, Bestreichen mit Horn, Leder oder Stahl der noch feuchten sogen. lederharten Oberfläche der noch nicht gebrannten Gefäße herbeigeführt werden kann.

Die Massebereitung ist bei den Abteilungen a) und b) sehr einfach. Im Großen wird der gesümpfte Ton, welcher zweckmäßig schon an der Grube eine „Winterung“ oder „Sömmerung“ durchgemacht hat, sei es für sich oder mit den zuzusetzenden Beimischun-

gen, schichtweise überlagert, durch den Tonschneider in eine gleichartige Masse verwandelt. Eine viel bessere Mischung wird erreicht, wenn die trockenen Tone zuerst eine Pulverung durchmachten und dann erst mit den ebenfalls zweckmäßig zerkleinerten Magermitteln gut vermengt, Anfeuchtung und darauf auf maschinellem Wege ihre Zubereitung als Arbeitsmasse erfuhren. Im Fall c) ist ganz besondere Sorgfalt der Massebereitung erforderlich, weil nicht selten besonders feine Waren erzielt werden sollen. Es tritt dann zuweilen wohl auch eine Befreiung der Tone von den gröberen Bestandteilen durch den Schlämmprozeß ein, oder die Masse wird, mit all ihren Zusätzen, auf der Kugelmühle bis zu dem gewünschten Feinheitsgrad gemahlen. Zuweilen dient die feinere Masse nur zur Vorformung in dünner Schicht, während der eigentliche Scherben aus gröberer besteht. Beide Massen müssen dann aber durchaus gleichen Schwindungsgrad besitzen.

Die Herstellung der Probekörper im Laboratorium hat sich diesen Verfahrungsarten des Großbetriebes möglichst anzupassen, geht indessen bei der Mischung in der Regel von vorsichtig gepulvertem und durch ein Sieb von ca. 100 Maschen auf dem Quadratzentimeter gesiebtem Rohstoff aus (s. Vorprüfung), welchem man die etwa zuzusetzenden Magermittel durch sorgfältiges Mischen in einer Schüssel oder Reibschale beifügt. Man setzt dann solange unter fortwährendem Kneten mit einem Holzpflock kleine Mengen Wasser zu, bis der zur Verarbeitung erforderliche Grad der Bildsamkeit erreicht ist, knetet einige Zeit mit den Händen und verformt die Masse in der nämlichen Weise, wie das bei der Vorprüfung ausführlich beschrieben wurde. Die Beurteilung nach dem Brennen der Proben gibt die erwünschten Fingerzeige für das fernere Verfahren zur Erreichung eines gesteckten Zieles. — Ist zur Darstellung feiner Terrakottenmassen vorheriges Schlämmen des Tones notwendig, so verfährt man zweckmäßig so, daß man das mit viel, wenn möglich etwas angewärmtem, Wasser aufgeschlämmte Tonpulver Siebe von 900—5000 Maschen auf dem Quadratzentimeter — je nach dem gewünschten Feinheitsgrad — durchsinken läßt. Die angewandte Wassermenge braucht dabei nur so groß zu sein, daß ein Brei von nahezu Sirupdicke entsteht, mit welchem alsbald Gießversuche angestellt werden können. Eignet sich der Brei zur Gießarbeit nicht, so wird er auf einer Gipsplatte von dem Ueberschuß an Wasser befreit und in formbare Masse verwandelt. Bei der Arbeit mit Vorformmasse wird zunächst ein dünnes Blatt von der feineren Masse in die Form gelegt und darauf gröbere von derselben Schwindung nachgeformt.

Die Zubereitung derartiger Masseproben durch das Mahlverfahren liefert nicht selten überraschend gute Ergebnisse, sei es, daß

ein und derselbe Ton für sich oder mit anderen oder mit sonstigen Zusätzen gemischt in Anwendung kam. Dabei erfordert die Mahlung in der Naßkugelmühle bei zweckmäßiger Beschickung nicht mehr als etwa zwei Stunden Arbeit. Der günstige Ausfall ist nicht so sehr auf die Zerkleinerung der gröberen Beimengungen, denn auf die viel innigere Mischung der Einzelbestandteile untereinander zurückzuführen, was schon daraus hervorgeht, daß die Gesamteigenschaften ein und desselben Tones durch den Mahlprozeß nicht selten eine sehr bemerkbare Aenderung erfahren. Alles in allem handelt es sich hier um ein Verfahren, dem noch eine große Zukunft bevorsteht und zu dessen voller Durchführung die Mittel und Wege schon gegenwärtig uneingeschränkt zur Verfügung stehen.

Das Brennen der Probekörper erfolgt, wie bei der Vorprüfung angegeben. Massen für Bauterrakotten werden in der Regel zur Förderung ihrer Wetterfestigkeit etwas härter gebrannt, als gewöhnliche Ziegelwaren. Liegen Gar- und Schmelzpunkt nicht allzunahe bei einander, so kann die Brenntemperatur bis nahe zur Klinkerung getrieben werden. Die namentlich in Amerika gefertigten Pflastersteine (paving brick) aus Ton sowie die sonstigen Klinkerwaren, die bereits Uebergänge zum Steinzeug bilden, werden durchweg aus Tonen dieser Art oder Tongemischen mit ähnlichen Eigenschaften gebildet. Die Brenntemperatur steigt in diesen Fällen nicht selten auf Kegel 3a bis 6a.

2. Feuerfeste Ton- oder Schamottewaren.

Sie unterscheiden sich von den gewöhnlichen Ziegelwaren, von denen in erster Linie mechanische Festigkeit und Wetterbeständigkeit, z. T. auch ein gefälliges Aussehen hinsichtlich der Form, der Farbe und der sonstigen äußeren Erscheinung verlangt wird, wesentlich dadurch, daß sie imstande sind, hohe und sehr hohe Hitzegrade, ohne zu schmelzen oder auch nur zu erweichen, desgleichen schroffen Temperaturwechsel ohne Schaden zu ertragen. Sie dienen daher in Form von Mauersteinen zur inneren Ausmauerung aller derjenigen Ofenräume, Schornsteinzüge, Feuerkanäle, Apparate, in denen hohe Temperaturen herrschen, bezw. erzeugt werden und in ihrer Heftigkeit häufigem Wechsel ausgesetzt sind. In Form von Kapseln, Muffeln, Retorten, Tiegeln u. dergl. leisten sie nicht nur der feinkeramischen Industrie, sondern auch der Metallurgie, der chemischen und der Glas-Industrie hervorragende Dienste.

a) Schamottesteine. Die Grundlage zu ihrer Herstellung bilden die feuerfesten Tone, zu welchen man alle diejenigen, deren Schmelzpunkt zwischen Kegel 26—38 liegt, rechnet. Ihre Auswahl erfolgt je nach dem Zweck, dem das fertige Fabrikat dienen, bezw. je nach dem Temperaturgrad, dem es widerstehen

soll. Dieser Verwendungszweck erfordert eine möglichst geringe Neigung zur Schwindung, selbst bei den verhältnismäßig höchsten Hitzegraden, welche ihnen zugemutet werden können. Aber auch die Herstellung selbst zieht daraus Vorteile, weil sie dadurch eine sehr wesentliche Erleichterung erfährt. Aus diesem Grunde werden die meist sehr bildsamen Tone so stark gemagert, als ihre Bindefähigkeit es eben zuläßt. Als Magermittel dienen in erster Linie scharfgebrannter, feuerfester Ton (sogen. Schamotte) in geeigneter Körnung, sodann Quarzbrocken oder beides zugleich, ferner Bauxit, Graphit, Koks u. dergl. Zur Gewinnung der Schamotte dienen sowohl die feuerfesten Tone und Schiefertone selbst, als auch in Verwendung gewesene Schamottesteine, Kapseln und Platten. Erstere werden bei Temperaturen von Kegel 12—14 gebrannt, ebenso wie die letztgenannten auf geeigneten Maschinen zerkleinert und durch Siebe gesichtet. In ähnlicher Weise bereitet man die Quarz- und die sonstigen Rohstoffe vor. Ueber die Wahl eines sauren oder basischen Magerungsmittels entscheidet gleichfalls der Verwendungszweck.

Die Massebereitung hat mit der der besseren Ziegelware viel Aehnlichkeit. Man verwendet fast ausschließlich trocken gepulverte Tone, welche in schichtweiser Uebereinanderlagerung angefeuchtet (gesumpft) und dann im Tonschneider mit diesen Beigaben aufs innigste vermischt werden. Die Menge der zuzusetzenden Magerungsmittel richtet sich jedoch nach dem Bindevermögen des Tones, beträgt aber nie unter der Hälfte des Gesamtraumes. Die Größe der Schamottekörner steigt gewöhnlich mit der Größe des zu formenden Gegenstandes und bewegt sich zwischen Körnern von etwa 1—2 mm Durchmesser bis zu solchen von Haselnußgröße.

Außer den Schamottesteinen aus Ton fertigt man solche aus Magnesit, aus Quarz (Dinassteine) und aus Bauxit nach eigenartigen Verfahren.

Die Herstellung der Probekörper im Laboratorium ergibt sich nach dem Obigen ganz von selber. Die Aufgabe, die dort zu lösen ist, besteht in der Ausmittelung der geeigneten Versätze für ganz bestimmte Verwendungszwecke, des günstigsten Verhältnisses zwischen plastischem Ton und Magermittel und der größtmöglichen Feuerbeständigkeit des Gemisches. Das Verfahren zur Massedarstellung ist genau so, wie es bei den Ziegelwaren beschrieben wurde, und braucht hier nicht wiederholt zu werden. Bezüglich der Prüfung auf Feuerfestigkeit wird auf den allgemeinen Teil verwiesen.

b) Kapseln, Platten, Muffeln, Retorten usw. Von ihnen gilt im allgemeinen das nämliche, was bereits bei den Schamottesteinen gesagt worden ist; ein Unterschied besteht nur in

der Formgebung und in der Eigenart ihrer Verwendung. Bei der Herstellung von Tiegeln für metallurgische Prozesse spielt hier der Graphit als Magerungsmittel eine größere Rolle. Erwähnt mag jedoch werden, daß Kapseln mittleres, Platten feines (Schamottemehl), Muffeln und Retorten dagegen recht grobes Schamottekorn erfordern.

B. Die glasierte Irdenware.

Diese große Gruppe umfaßt im wesentlichen 1. die gewöhnliche, 2. die feine Irden- (Majolika) und 3. die Schmelzware (Fayence). In die erste Abteilung gehören a) die Ziegelwaren, Dachsteine und Verblender, b) die gewöhnlichen Kachelöfen und die Wandplatten, c) die Geräte für den ländlichen Bedarf (Bauernmajolika) und d) die irdenen Kochgeschirre. Zu der Abteilung 2. sind a) die feine Bauterrakotta, b) die Majolikaöfen und c) die feinen Gebrauchs- und Ziergeräte zu rechnen. Die 3. Abteilung hingegen umfaßt die mit opaker Glasur bedeckte, kalkhaltigen Scherben besitzende Schmelzware, welche a) in Form von Oefen und Wandplatten und b) in Form von z. T. reichverzierten Gebrauchs- und Ziergeräten auftritt.

1. Gewöhnliche, glasierte Irdenware.

a) Ziegelwaren, Dachsteine, Verblender. Die Art der Herstellung dieser Waren unterscheidet sich nicht wesentlich von derjenigen der unglasierten Erzeugnisse, indessen pflegt man hierzu die verhältnismäßig besten Rohstoffe auszuwählen. Das Aufbringen des Glasurüberzuges erfolgt im rohen, halbtrockenen, dem sogen. lederharten Zustande durch Anguß. Die Glasurmasse muß dem Scherben bezüglich der Trocken- z. T. auch der Feuerschwindung angepaßt sein, damit sie während des Trocknens oder Brennens nicht abgestoßen wird, oder man bedient sich zum Ausgleich einer Massezwischenschicht von gewöhnlich magerem, weißem Ton zur Verhütung des erwähnten Uebelstandes.

b) Kachelöfen und Wandplatten. Wie die glasierten Ziegelwaren bedürfen auch diese Artikel einer feinkörnigen Arbeitsmasse, um eine gewisse Glätte und Gleichmäßigkeit der Oberfläche zu gewährleisten. Die verwendeten Tone bezw. Arbeitsmassen sind nach dem Brennen durchweg mehr oder weniger dunkelfarbig und erscheinen meist in wenig begehrten Farbtönen. Daher wird die eigentliche Naturfarbe des Tones fast stets durch farbige Glasur oder durch eine meist weiße, aber zuweilen auch farbige, durch Anguß oder Anformung (Behauten) bewirkte Zwischenschicht verdeckt. Die Wandplatten erscheinen nicht selten ein-

fach verziert mit erhabenen Rändern, welche mit verschiedenfarbiger Glasur ausgefüllt werden können. Das Glasieren erfolgt sowohl im rohen wie bei besserer Ware auch im verglühten Zustand.

c) Gebrauchs- und einfache Ziergeräte (Bauernmajolika). Diese Abteilung umfaßt die allereinfachsten und billigsten Gebrauchs- und Ziergeräte, die ihre Entstehung fast ausnahmslos der Arbeit auf der Freidrehscheibe verdanken. Dieser letztere Umstand bewirkt, daß die Fabrikation dieser Geschirre meist an Orte gebunden ist, wo zur Dreharbeit geeigneter Ton vorkommt, der möglichst frei von gröberen Bestandteilen und insbesondere von Kalkbrocken sein muß. Die Geschirre erscheinen meist in der Naturfarbe des Scherbens (rot, gelb, braun), aber auch zuweilen mit weißem oder buntfarbigem Beguß und mit einfachsten Verzierungen versehen.

d) Kochgeschirre. Eine Abart der unter c) erwähnten Geräte bilden die irdenen Kochgeschirre. Von ihnen wird verlangt, daß sie schroffen Temperaturwechsel, ohne zu zerspringen, ertragen. Geeignete Tone finden sich in der Natur hier und da, indessen können Kochgeschirrmassen auch künstlich gewonnen werden. Man verwendet dann dazu ziemlich bildsame, farbig brennende Tone, welche man mit geeigneten Rohkaolinen oder noch besser sogen. Kaolinsanden soweit versetzt, daß die Masse auf der Drehscheibe ev. unter Anwendung von Gipsformen noch eben verarbeitet werden kann. Gröbere Bestandteile bis zur Stecknadelkopfgröße sind nicht nur zulässig, sondern erwünscht. Der Scherben wird im rohen oder verglühten Zustande, entweder nur auf der Innenseite, bei kleineren Gegenständen wohl auch auf beiden Seiten, glasiert, zuweilen auf der Innenseite zuvor auch mit einem gefällig aussehenden weißen oder farbigen Beguß vrsehen. Als Glasurüberzug dienen einstweilen, wegen ihrer Leichtschmelzbarkeit, noch bleioxydhaltige Gläser, welche indessen gerade hier mit besonderer Vorsicht auszuwählen sind, weil die Kochgeschirre der gesundheitspolizeilichen Prüfung unterliegen. Verlangt wird, daß sie an 4prozentige Essigsäure bei halbstündigem Kochen kein Blei abgeben. (Vgl. hierüber d. Verf. Beiträge zur Lösung der Bleifrage, Sprechsaal 1906 und 1911.)

2. Feine Irdenware (Majolika).

Die Bezeichnung deutet bereits darauf hin, daß es sich bei dieser Gruppe um eine Warengattung handelt, welche verfeinerten Ansprüchen genügen und infolgedessen auch in Bezug auf Rohstoff und Ausführung einer sorgfältigeren Auswahl und eines verbesser-

ten Herstellungs- und Verzierungsverfahrens bedarf. Die hierzu verwendeten Tone werden fast ausschließlich durch den Schlämmprozeß von den gröberen, schädlichen Stoffen befreit, was ebenso gut oder noch besser durch das weiter oben erwähnte Mahlverfahren geschehen kann, und erhalten in den meisten Fällen wohl auch mancherlei Zusätze, um ihnen Eigenschaften zu erteilen, die sie von Natur nicht besitzen. Ebenso werden die Glasuren und Verzierungsmittel sorgfältigst ausgewählt und in geschmackvoller Weise verwendet.

a) Feine Bauterrakotten. Es handelt sich bei dieser Abteilung meist um Gegenstände, welche dem Innenschmuck dienen und mit reicher, farbiger Verzierung versehen sind. Das nämliche gilt von den

b) Majolikaöfen und Heizkörperverkleidungen, welche außer mit schönen farbigen und farblosen Glasuren, nicht selten mit feiner weißer Vorformmasse bedeckt sind oder ganz aus weißbrennender, an das Steingut erinnernder, Masse bestehen. Sehr umfangreich ist die Abteilung der

c) Gebrauchs-, besonders aber der Ziergeräte in feiner Irdenware, welche nicht selten in hochkünstlerischer Behandlung auf dem Markt erscheinen und hierfür auch eine sehr geeignete Grundlage bieten. Die verhältnismäßig niedrige Brenntemperatur, welche Kegel 02a (Goldschmelzhitze) kaum erreicht und nie überschreitet, gestattet die Anwendung einer fast unbeschränkten Zahl schöner Glasuren und erlesener Farben. In vielen Fällen wird die Naturfarbe des Scherbens durch weiße oder farbige Engoben verdeckt oder mit diesen zugleich zu gemeinsamer, harmonischer Wirkung gebracht.

Deck- und Verzierungsmittel.

a) Vorform- oder auch Behautmassen genannt, kommen besonders bei der Kachelfabrikation vor und haben wegen ihrer angenehmen Farbe (meist weiß) den Zweck, den mißfarbigen oder durch Gehalt an groben Bestandteilen rauhen, eigentlichen Kachelkörper zu verdecken und somit schöner erscheinen zu lassen, als er in Wirklichkeit ist. Man bedient sich hierzu gern der Kaoline oder der weißbrennenden Tone, die je nach Bedarf mit anderen, im Feuer weißbleibenden Stoffen wie Quarz, Feldspat, Kreide, Porzellan- oder Steingutscherben usw. versetzt sind. Erforderlich ist, daß sie besonders in Bezug auf die Schwindung mit dem Hauptkachelkörper übereinstimmen. Andernfalls würde Ablösung oder Verzerrung der ebenen Kachelfläche sowie Rissebildung nicht vermieden werden können. Die Vorformmasse wird in Gestalt eines

dicken Breies auf das Kacheltonblatt aufgestrichen und geebnet. Nach gehörigem Ansteifen wird das Masseblatt so in die Form gelegt, daß die Vorformmasse die Schauseite der Kachel bildet. Die Festigkeit dieser Masse nach dem Brennen muß annähernd die des eigentlichen Kachelscherbens erreichen.

b) Begüsse (Engoben). Man versteht darunter dünne Zwischenschichten zwischen der Glasur und dem Scherben von anderer Brennfarbe und anderer, wenn auch ähnlicher, Zusammensetzung, als dieser sie besitzt. Sie werden in der Regel dadurch gebildet, daß man den schon etwas angesteiften Tonkörper mit dem Engobenbrei begießt (beschüttet). Während die größte Menge abfließt, hält der saugende Tonscherben doch eine hinreichende Menge von dem „Beguß“ fest, um sich damit in dünner Schicht zu überziehen. Die nämliche Wirkung kann durch vorsichtiges Eintauchen in den Engobenbrei und Wiederherausziehen des Tonkörpers erreicht werden. Erforderlich ist, daß die physikalischen Eigenschaften des Begusses sich denjenigen des Tonkörpers so anpassen, daß das Zerteilen des Ueberzuges in Schollen, Abrollen oder gänzliches Loslösen nicht vorkommen kann, vielmehr eine zusammenhängende, überall gleichstarke, mit dem Scherben innigst verbundene Bedekkung des letzteren stattfindet. Schollenzerteilung ohne Neigung zum Zusammenrollen bedingt Magerung; mit Neigung zum Abschuppen gewöhnlich das Gegenteil. Gut eingestellte Begüsse lassen sich übereinander anbringen, jedoch ist dann darauf zu sehen, daß der obere stets etwas magerer ist, als der untere; im umgekehrten Fall erfolgt Abrollen und gänzliches Ablösen beider.

Der Zweck der Begüsse ist genau der nämliche, wie derjenige bei der Vorformmasse, nämlich unscheinbar gefärbten oder mißfarbigen Scherben durch einen schöner oder anziehender getönten Ueberzug zu verdecken, also eine Vortäuschung von etwas Besserem oder Schönerem, als in Wirklichkeit vorliegt, zu bewirken. Zu weißen Begüssen finden Verwendung: geschlämmte Kaoline, weiß brennende Tone, teils für sich, teils in Mischung miteinander oder mit Quarz oder Feldspat, Schlämmkreide und dergl. Zu buntfarbigen Begüssen verwendet man teils die nämlichen, soeben genannten Stoffe, indessen mit geeigneten, gefärbten oder im Feuer färbenden Metalloxyden oder mit sogen. Farbkörpern (Siehe diese) versetzt. (Eisenoxyd für Rot, Chromoxyd für Grün usw.) Auch von Natur farbig brennende Tone oder Gemische von solchen, u. U. auch noch mit Zusätzen von farbigen Metalloxyden oder Farbkörpern, finden ausgedehnte Verwendung. Zuweilen werden auch die reinen, oder nur mit ein wenig plastischem Ton vermahlenen Metalloxyde, wie z. B. Braunstein, gemahlener Roteisenstein, Brauneisenerz, Ocker und dergl. in ganz dünner Schicht als Beguß auf-

gebracht. Diese haben dann nicht so sehr den Zweck, eine Zwischenschicht zu bilden, als vielmehr von der darüber gelegten Glasur aufgelöst zu werden und dieser und damit dem ganzen Gegenstand eine für das Auge angenehmere oder eigenartigere Färbung zu erteilen.

Verzierung der Irdenware.

Zu den einfachsten Verzierungen gehören Einritzungen von Strichen, Wellenlinien, Abdrücke von Schnüren, Stempeln oder sonstigen Gegenständen, wie sie sich bei den vorhistorischen Gefäßen finden. Hinzu kommt der Polierstrich oder die Glättung der ganzen Oberfläche durch Politur u. dergl. mehr.

Mit Hilfe der Begüsse können nun schon ganze Reihen von anmutigen Ausschmückungen des Scherbens herbeigeführt werden, bei welchen seine ursprüngliche Farbe teils mitwirkt, teils vollständig verdeckt bleibt. Während sich das noch ungebrannte, fast lufttrockene Gefäß auf der Drehscheibe in geeigneter Umdrehung befindet, können mit dem Pinsel oder, bei flachen Gefäßen, mit dem Malhorn einfache ringförmige oder wellenförmig verlaufende Linien von beliebiger Breite in einer oder in verschiedenen Farben angebracht werden, welche im ruhenden Zustande des Gefäßes mannigfach verändert und durch Zutaten in Bezug auf die einheitliche Wirkung ergänzt werden können.

Ein anderes Verfahren besteht darin, daß das ganz, z. B. mit weißem Beguß überzogene Gefäß so mit meist nur umränderten, eingeritzten Zeichnungen bedeckt wird, daß an den von dem ritzenden Stäbchen getroffenen Stellen der ursprüngliche Ton wieder freigelegt wird und nach dem Brennen in der ihm eigenen Farbe wirkt. In den meisten Fällen aber werden die Zeichnungen indessen noch mit, mit etwas fettem Ton oder Kaolin innig verriebenen Metalloxyden (Braunstein für Violett, Kupferoxyd für Grün, Eisenoxyd für Rot usw.) ganz dünn bestrichen, bezw. ausgemalt, so daß die Zeichnung nach dem Brennen farbig erscheint.

Ist die Mitwirkung des Scherbens nicht erwünscht, so kann sie dadurch verdeckt werden, daß er zunächst mit einer dünnen Braunsteinschicht und dann erst mit dem weißen Aufguß bedeckt wird. Die Umrißlinien der Zeichnung werden bei eisenoxydhaltigem Ton in diesem Fall dunkelbraunschwarz erscheinen.

Einfache Verzierungen können ferner dadurch erreicht werden, daß man auf dem mit Braunstein od. einer sonstigen farbigen Schicht übergossenen Gefäß durch geschickte Schnitzarbeit vertiefte Zeichnungen anbringt, welche an den getroffenen Stellen den ursprünglichen Scherben wieder bloßlegen und in dessen Brennfarbe wirken.

Mit Hilfe des Malhorns ist es möglich, entweder auf dem ursprünglichen Scherben oder auf einer Engobe erhabene Verzierungen mannigfachster Art und, bei geschickter Ausführung und geschmackvoller Zusamenstellung der Farben, von sehr feiner Wirkung hervorzubringen.

Desgleichen ist es möglich, mit Unterglasurfarben, wie sie weiter unten beim Steingut Erwähnung finden werden, auch auf feinem irdenen, also dunkelfarbigem Scherben teils mit, teils ohne Mitwirkung der Scherbenfarbe sehr eigenartig wirkende Malereien auszuführen.

Bei Fliesen, Ofenkacheln und dergl. findet nicht selten ein einfaches Anspritzen mit buntfarbigen Engoben statt, wodurch zuweilen recht angenehme Wirkungen zu stande kommen. Auch ist die Einlegearbeit, d. h. die Ausfüllung in der Grundengobe durch Radierung angebrachter Zeichnungen durch andersgefärbte Begüsse nicht unbeliebt. Diese Verzierungen können zur Erleichterung der Arbeit bei Massenartikeln schon von der Form her durch erhöhte Umrisse angedeutet sein. Eigene Erfindungsgabe kann diesen Verfahren noch viele andere hinzufügen.

c) Die Glasur. Sie bildet den glasigen Ueberzug, welcher dem porösen, also für Flüssigkeiten aller Art aufsaugefähigen, rauhen Tonkörper vor diesen Dingen Schutz gewährt und ihm durch die zusammenhängende, harte, glatte hochglänzende, durchsichtige, und somit die darunter angebrachten Malereien zu prächtiger Wirkung kommen lassende Glasschicht erst das rechte Ansehen verleiht, was zugleich die Vollendung der mühevollen Arbeit bedeutet. Die Glasur kann, wie das bei Begußverzierungen und Unterglasurmalerei stets der Fall ist, farblos sein. Weil aber gerade diese Glasuren und von ihnen wieder die leichtflüssigen, wie sie hier zur Anwendung kommen, färbende Metalloxyde leicht auflösen und damit herrlich gefärbte Glasflüsse zu bilden vermögen, so ergibt sich hier eine neue, überaus umfangreiche Verzierungsmöglichkeit der Irdenware.

α) Farblose Glasur. Nach Ker. Rechnen III, S. 65 ist die Grenzformel für Rohglasuren für Irdengeschirr und dergl.:



$$1{,}8—3{,}0\ SiO_2\ .\ 0{,}0—0{,}3\ Al_2O_3\ .\ RO.$$

Wegen des Erfordernisses der Leichtschmelzbarkeit besteht das RO durchweg zum größten Teil aus Bleioxyd. Von Alkalien und alkalischen Erden kommen als Flußmittel nur geringe Mengen in Betracht. Ueber die Anwendung der Grenzformel zur Berechnung von Glasuren ist an der erwähnten Stelle Näheres angegeben. Zu bemerken bleibt noch, daß die Glasuren auf der leichtgebrannten Irdenware

meist gleich von vornherein haarrissig sind oder doch nach kurzer Zeit haarrissig werden. Mehr oder weniger befreit von diesem Uebel sind nur die hartgebrannten, also dichteren und fast versinterten Scherben. Als Rohstoffe für die Zusammensetzung der Glasur dienen gemahlene, reine Quarzsande, Bleioxyd (Bleiglätte) oder Mennige, Kreide, Magnesit, Feldspat, Kaoline oder weißbrennende Tone. Für gewöhnliche, insbesondere in der Naturfarbe des Tons erscheinende Ware genügen feine Natursande mit Bleiglätte oder mit dieser und Ton vermischt, oder sandige Lehme mit Bleiglätte vermahlen. Für die genaue Einrechnung derartiger Rohstoffe ist es freilich notwendig, daß sie ihrer chemischen Zusammensetzung nach bekannt sind.

β) Farbige Glasuren gewinnt man leicht dadurch, daß man die farblosen mit geringen Mengen von färbenden Metalloxyden vermahlt. Je nachdem der Farbton hell oder dunkel sein soll, kommt mehr oder weniger Farbkörper zur Anwendung. Für Blau verwendet man Kobaltoxyd (3—5 v. H.), für Grün Kupferoxyd (3—5 v. H.) oder auch geglühtes Chromoxyd (2—3 v. H.), für Gelb: Antimonoxyd (1— 2v.H.), Eisenoxyd (2—3 v. H.), Chromoxydhydrat (0,5—1 v. H.) oder Uranoxyd (2—3 v. H.), für Braunviolett: Manganoxyd oder Braunstein (3,5—5 v. H.), für Grau: Nickeloxyd (2—3 v. H.), für Weiß: Zinnoxyd (10—15 v. H.) usw. An die färbenden Metalloxyde schließen sich die sog. Farbkörper, von denen weiter unten die Rede sein wird. Dadurch, daß man die unterschiedlich gefärbten Glasuren in den verschiedensten Verhältnissen miteinander, auch mit farblosen, mischt, erhält man zahlreiche Zwischentöne, Abstufungen und hellere Farbtöne. Ueber die Zurückführung von Mischglasuren auf einfache Versätze siehe Ker. Rechnen III, S. 86 ff. Bemerkt sei auch noch, daß die alkalihaltigen Farbflüsse im Ton von den nur bleioxydführenden in der Regel, und zwar zu ihrem Vorteil, etwas abweichen.

Reine Farbtöne können natürlich nur auf weißer oder fast weißer Scherbenunterlage erwartet werden, auf farbig brennenden Tonen also nur nach der Ausschaltung der Brennfarbe des Tones durch einen zwischen Glasur und Scherben gelegten, weißbrennenden Beguß. Andernfalls ergeben sich für das Auge Mischtöne aus der Glasurfarbe und derjenigen des Scherbens, welche an sich durchaus nicht zu verwerfen sind.

Halb- oder ganz matte Glasuren erhält man durch starkes Versetzen der farblosen oder gefärbten mit Zinkoxyd oder Rutil oder mit beiden zugleich. Das Mattwerden beruht auf feinkristallinischen Ausscheidungen, die es zur Bildung einer zusammenhängenden Glashaut nicht kommen lassen.

Verzierungsarten mit farbigen Glasuren: Bei Fliesen ist Zellenschmelz sehr beliebt, indem man die durch erhabene Umrisse vertieft erscheinenden Einzelteile der Zeichnung mit verschiedenfarbigen Glasuren ausfüllt. Vasenkörper werden häufig damit angespritzt. Durch das Ineinanderlaufen dieser im geschmolzenen Zustande erscheinen nicht selten recht anmutige Farbenspiele. Besonders reizvolle Wirkungen ergeben sich beim Aufsieben opaker Glasuren, wie z. B. Schmelzglasur, auf darunter liegende Schichten von durchsichtiger Grundglasur. Bei Gefäßen mit senkrechten Wänden empfiehlt es sich, die vorher aufgeschmolzene Grundglasur mit einer klebrigen Substanz zu bestreichen oder kunstgerecht zu betupfen (Dicköl) und dann mit der opaken Ueberglasur zu übersieben. Dieses Verfahren macht einen zweiten Brand erforderlich, liefert aber sehr annehmbare Ergebnisse.

3. Schmelzware (Fayence).

Die Schmelzware oder Fayence, welche vor dem Auftreten des Porzellans und des weißen Steinguts die vornehmste Stellung unter den Tonwaren einnahm, gehört seitdem ganz der Vergangenheit an. Man begegnet nur noch Kachelöfen und Wandplatten, sowie einigen wenigen billigen Gebrauchsgeschirren, welche kaum den Namen Schmelzware verdienen. Die zahlreichen, erhalten gebliebenen, italienischen, französischen und holländischen Fayencen beweisen indessen, daß diese Verbannung der Schmelzware zu Unrecht geschah und daß sie es verdiente, trotz des Porzellans und des Steinguts ihre alte ehrenvolle Stellung wenigstens im Kunstgewerbe wieder einzunehmen. — Die Schmelzware verdankt ihren Ursprung den ziemlich verbreiteten, stark kalkhaltigen Tonen und Tonmergeln, welche nicht selten von 20 bis zu 60 und mehr v. H. kohlensauren Kalk enthalten. Die geeignetsten sind jene mit 20—35 v. H. an Calciumkarbonat. Ihre Brennfarbe ist durchweg blaßgelb, was, neben dem reichen Gehalt an Kalk, den Scherben umso geeigneter macht, weiße, opake Glasur zu tragen, ohne daß diese durch die durchscheinende Scherbenfarbe irgendwie beeinträchtigt wird. Für Schmelzware geeignete Tone finden sich reichlich, namentlich im Gebiet des diluvialen Inlandeises in Form von stark verwittertem Moränenschutt, welcher nicht nur reich an kohlensaurem Kalk in feinverteilter, aber auch in gröberer Form ist, sondern auch an groben und gröbsten Beimengungen von Feuerstein-, Granit-, Quarz- und sonstigen Gesteinsbrocken. Der Rohstoff muß daher dem Schlämmprozeß unterworfen werden und findet dann, meist ohne weitere Zusätze, zur Fabrikation von Schmelzwaren Verwendung. Ist der so erhaltene Feinton zu arm an Kalk, so kann eine Anreicherung dadurch erfolgen, daß man dem Rohton vor

dem Schlämmen kohlensauren Kalk in Form von gemahlener Schlämmkreide in der erforderlichen Menge zusetzt (Vergl. S. 54). — Daraus geht hervor, daß man keineswegs an die natürlich vorkommenden Lager von Fayenceton gebunden ist, sondern jeden Ton, sofern er sich sonst dazu eignet, mit der erforderlichen Kalkmenge innigst vermahlen, in Fayencemasse umzuwandeln vermag, denn ein Gehalt von 18—30 v. H. an Calciumkarbonat ist bei schwachgebrannten Scherben zum haarrissefreien Tragen und zur schönen Entwickelung der Schmelzglasur unbedingt erforderlich.

Eine innige Vermischung von kohlensaurem Kalk (Schlämmkreide) mit Ton ist aber nur auf dem Wege des Schlämm- oder am allereinfachsten und zugleich am vollkommensten auf dem des Mahlverfahrens zu erreichen. Die erstere Arbeitsweise, welche auch im großen Anwendung findet, wird im Laboratorium dadurch ersetzt, daß man die abgemessene, mit Schlämmkreide zu vermischende Tonmenge in einer Schale mit soviel Wasser zu einem steifen Brei anmacht, daß sie ihre Aufsaugefähigkeit für weitere Flüssigkeit eingebüßt hat. Die zum Versatz bestimmte, vorher trocken fein zerriebene und mit wenig Wasser zu einer Milch angerührte Schlämmkreide wird nun durch ein feines Sieb (3000 bis 4000 Maschen auf dem Quadratzentimeter) zu dem Ton hinzugegossen. Man spült mit möglichst wenig Wasser nach und vermischt den Ton, ohne zu reiben, so innig mit der Kreidemilch, bis diese verschwunden und ein in allen Teilen gleichartiger, klumpenfreier Brei von gießfähiger Beschaffenheit entstanden ist, welcher, auf eine saubere Gipsplatte ausgegossen, sehr bald vom überschüssigen Wasser befreit ist und nun formbare Masse bildet.

Durch das Mahlverfahren werden auch die dem Ton von Natur beigemengten gröberen — mit Ausnahme der allergröbsten — Bestandteile einer Zerkleinerung anheimfallen. Es wird also überall da in Anwendung kommen, wo es sich um feinere Waren handelt, deren Zweckbestimmung die sorgfältigere Bereitung der Masse bedingt oder wo das umständliche Schlämmverfahren durch ein einfacheres und kürzeres Aufbereiten ersetzt werden soll.

a) Kacheln und Platten. Diese beiden Warengattungen sind gegenwärtig fast die einzigen Vertreter der Schmelzware. Die Kacheln dienen zum Aufbau von Heizkörpern, welche sehr häufig mit allerlei bildnerischem Schmuck (Bekrönungen, Simse, Einsätze) versehen sind, welche bei den billigen Oefen nicht selten unglasiert bleiben oder mit Oelfarbe bestrichen werden. Mit plastischem und malerischem Schmuck verzierte Oefen gehören meist der Vergangenheit an. Kacheln, Platten und Verzierungsstücke wurden früher in Gipsformen hergestellt. Dann benutzte

man zum Formen der ersteren, zumal der Platten, solche aus Metall und schließlich Kachelpressen. Reichgegliederte Platten- und Zierkörper werden auch jetzt noch in Gipsformen gewonnen.

b) Kunstgewerbliche Gegenstände, welche vom Markt gänzlich verschwunden waren, kommen wegen der vorzüglichen Eignung der Schmelzware für Verzierungszwecke in Innenräumen neuerdings wieder langsam in Aufnahme, wozu die vorbildlichen Arbeiten der Familie della Robbia, die italienischen Majoliken des 15. und 16., sowie die französischen, holländischen und deutschen Fayencen des 18. Jahrhunderts die Anregung geben. Der farbige Schmuck kann in der älteren Art entweder zugleich mit der Glasur aufgeschmolzen werden ,so daß er einen Teil dieser bildet, oder er wird nach Art der Verzierung des Porzellans auf dem bereits fertig glasierten und gebrannten Stück angebracht und nachträglich in einem milderen Feuer eingebrannt. Die letztere Art gestattet die Verwendung einer reicheren Farbenreihe, als die erstere.

Weil die Schmelzware eine deckende Glasur erhält, so kommen Zwischenschichten zwischen Scherben und Glasur (Begüsse oder Engoben) nicht oder kaum in Betracht, wenigstens nicht bei gediegener Ware.

Die Schmelzglasur

tritt in Form von rein weißem oder auch von mannigfach gefärbtem Email auf. Sie wird stets auf den bereits vorgebrannten Scherben aufgebracht, so daß ein Schmelzwarestück stets zwei Brände erfordert.

a) Weiße Schmelz- oder Emailglasur.

Sie ist im Grunde weiter nichts, als eine gewöhnliche, bleioxydreiche Glasur für Irdenware, die durch einen reichlichen Gehalt von ungelöstem, in ihr in äußerst feiner Verteilung enthaltenem Zinnoxyd undurchsichtig gemacht worden ist. Diese unendlich feine Verteilung des Zinnoxyds in der Glasur, von welcher die Schönheit des Emails oder Schmelzes sowohl wie seine Deckfähigkeit abhängen, kann durch bloßes Vermahlen des Zinnoxyds mit der eigentlichen Glasur nicht herbeigeführt werden, weshalb man sich von jeher der Zinnbleiasche oder des Aeschers zur Bereitung des Schmelzes bedient. Der Gehalt der Zinnbleiasche an Zinn- bezw. Bleioxyd ist, je nach dem für richtig erkannten Erfordernis, schwankend und richtet sich danach, ob die Glasur außer Bleioxyd auch noch andere Flußmittel, wie z. B. Alkalien, enthält. Immer aber ist das Bleioxyd im Ueberschuß. Die Bereitung des

„Aeschers“ erfolgt in der Weise, daß man kupfer- oder kobaltfreies, metallisches Zinn — am besten eignet sich Banka-Zinn — und ebenso reines Blei in demjenigen Gewichtsverhältnis zusammenschmilzt, in welchem die Oxyde in der Emailglasur enthalten sein sollen, und das geschmolzene, schwach glühende Metallgemisch flach ausgebreitet unter zeitweiligem Umrühren der Luft aussetzt. Indem die sich auf dem Metall ständig bildende Haut in lebhaftes Verglimmen gerät, verwandelt sich die ganze Metallmenge nach und nach in ein hell- bis dunkelgelbes Pulver, welches mit den übrigen Glasurbestandteilen, unter denen sich 5—10 v. H. des ganzen Gemenges an Kochsalz befinden, gut vermischt, bei einer Temperatur von etwa Kegel 5a—9 eingeschmolzen wird. Der von jeher übliche Zusatz von Kochsalz wird, obwohl er für die Zusammensetzung der Glasur belanglos ist, weil das Salz an der Glasbildung so gut wie gar nicht teilnimmt, dennoch beibehalten. Das Kochsalz verflüchtigt sich teils, teils bleibt es in der Schmelze angehäuft. Beim nassen Mahlen der zerkleinerten Glasur wird es unverändert herausgelöst und mit dem Waschwasser entfernt. Durch die Leichtschmelzbarkeit des Salzes an sich werden die übrigen Bestandteile näher aneinander gebracht und somit die Verflüssigung des Ganzen begünstigt. Andererseits wird bei der gleichzeitigen Anwesenheit von Salpeter die Bildung und Verflüchtigung von Eisenchlorid mit den Kochsalzdämpfen befördert, wodurch eine nicht unwesentliche Verbesserung des Emails in Bezug auf die reine, weiße Farbe zustande kommt. Der Salpeterzusatz (in der Regel werden 0,05—0,1 Mol. des zum Versatz verwendeten Alkalis aus Salpeter berechnet) hat außerdem den Zweck, durch seine Sauerstoffabgabe in den ersten Abschnitten des Brandes die Reduktion der leicht reduzierbaren Metalloxyde (Zinn- und Bleioxyd) zu verhüten.

Die für weiße Kacheln und Platten verwendete Schmelzglasur ist eine reine Frittenglasur, d. h. sie besteht durchweg aus feingepulvertem Schmelzfluß ohne jeden weiteren Zusatz an anderen, nicht gefritteten Rohstoffen. Das schließt indessen nicht aus, daß sogen. Mühlversatz, wie er bei den Steingutglasuren üblich ist, aus irgend welchen Gründen beigegeben werden kann. Es geschieht das z. B. dann, wenn mit der weißen Emailglasur zugleich farbige Verzierungen aufgeschmolzen werden sollen. Durch Mitvermahlung von 10—15 Prozent an fettem, weißbrennendem Steingutton erhält die an sich lockere Glasurschicht ausreichende Festigkeit, um die Bemalung mit dem Pinsel ohne Schwierigkeit zu gestatten. Der Ton als Mühlversatz wird zweckmäßig, wie beim Steingut (s. dieses) vom Hauptversatz abgezweigt und beim Vermahlen, im rohen Zustande, der Fritte hinzugefügt.

Der Zusatz kann erforderlichen Falles auch der fertigen Glasur einverleibt werden, sofern diese dadurch nicht schädlich beeinflußt wird. Das Gelingen der Arbeit erfordert indessen die Beachtung des Umstandes, daß kleine Mengen im Glasurwasser gelöster Alkalien auf den zugesetzten Ton eine Wirkung ausüben, welche seiner Aufgabe, sich mit den feinverteilten Glaspartikelchen zu einem einheitlichen Ganzen zu vereinigen, direkt entgegenwirkt, daß also Ton und Fritte sich stets gesondert halten. Diesem Uebelstande kann indessen durch schwaches Ansäuern mit Essig- oder Salzsäure schnell abgeholfen werden. Man setzt die Säure unter Umrühren tropfenweise hinzu und beobachtet den sehr deutlichen Umschlag, welcher dem Ton seine Bindefähigkeit alsbald wieder zurückgibt und die Neigung zur Abtrennung zum Verschwinden bringt.

Nach Keram. Rechnen III, S. 74 bewegt sich die Zusammensetzung der Schmelz- oder Fayenceglasuren innerhalb der folgenden Grenzen:



$$2\text{—}4\ SiO_2\ .\ 0{,}2\text{—}0{,}5\ SnO_2\ .\ 0\text{—}0{,}3\ R_2O_3\ .\ RO$$

Das RO besteht auch hier vorzugsweise aus Bleioxyd, welches aber bis zu 0,5 Mol. durch Alkalien ersetzt werden kann, was sich insbesondere für kalkarme Fayencemassen empfiehlt. Alkalische Erden verringern die Leichtschmelzbarkeit und finden daher fast gar keine Anwendung. R_2O_3 ist so gut wie ausnahmslos durch Al_2O_3 vertreten. Borsäure kommt nur ganz ausnahmsweise vor. Bezüglich der Berechnung der Schmelzglasurversätze wird gleichfalls auf das bereits erwähnte Sonderwerkchen verwiesen.

An Rohstoffen kommen, außer dem bereits ausführlich beschriebenen Aescher: Kaolin, Feldspat, Soda, Salpeter (Kali- und Natronsalpeter) und Sand in Anwendung. In letzterer Hinsicht pflegen sogen. leichtflüssige, d. h. Tonerde und Alkalien führende Sande, nicht immer zum Vorteil der weißen Farbe der Glasur, vor den reinen Quarzsanden bevorzugt zu werden. Es geschieht das z. T. deshalb, weil sie in den alten „Rezepten" angegeben sind und weil dem Fabrikanten, ohne einen Einblick in den Chemismus der Angelegenheit zu besitzen, eine Aenderung in den Bestandteilen des Versatzes nicht immer ratsam erscheint. Zur Entnahme von Tonerde, Kieselsäure und Alkalien dienen zuweilen, neben den genannten, auch Versatzmittel wie Porzellan- und Steingutscherben. (Vgl. Ker. Rechnen III, S. 75 u. 56.

b) B u n t f a r b i g e S c h m e l z g l a s u r e n treten nur selten in dunklen Farben auf. Sie dienen mehr zur Erzeugung zartgefärbten Fonds, von denen aber verlangt wird, daß sie im Ton ab-

solut gleichmäßig erscheinen und alles Wolkige und Punktierte vermieden bleibt. Das kann freilich nur durch feinste Verteilung des färbenden Oxyds in der Glasur erreicht werden. Man führt das zweckmäßig dadurch herbei, daß man entsprechende Mengen von dem Versatz zu Weiß ohne Kochsalz mit den färbenden Oxyden innigst vermischt, in flachen Tiegeln bei der nämlichen Temperatur wie das Weiß einschmilzt und im für sich feingemahlenen Zustande in der erforderlichen Menge mit dem zu färbenden weißen Schmelz innigst vermahlt. Ein einfacheres Verfahren, welches ebenfalls zu brauchbaren Ergebnissen führt, besteht darin, daß man bereits fertigen, weißen Schmelz, vermischt mit färbenden Metalloxyden, bei einer Temperatur von mindestens Goldschmelzhitze einschmilzt und die feingepulverte und für sich bereits feingemahlene Fritte in gleicher Weise verwendet. Das gleiche oder nahezu gleiche spezifische Gewicht des so gewonnenen Farbkörpers und des weißen Schmelzes verhindert auf diese Weise zugleich die sonst unvermeidliche Entmischung der farbigen Glasur.

Man verwendet für die farbigen Fritten nach Prozenten etwa 5—6 Kobaltoxyd für Blau, 4 Chromoxyd für Grün, 5 Kupferoxyd für ein anderes Grün bezw. Kupferblau, 5 Nickelkarbonat für Grau, 10 Antimontrioxyd für Elfenbeinfarbe, 10—15 Dunkelpink für Pinkrot, 5 Uranoxyd für Gelb usw. Nach dem Feinmahlen müssen sämtliche Farbkörper gut ausgewaschen werden, um sie von allen schädlich wirkenden, löslichen Bestandteilen zu befreien.

Je nach der angestrebten Wirkung werden der weißen Emailglasur mehr oder weniger Prozente von den farbigen Fritten zugesetzt und mit dieser durch längeres Mahlen in der Kugelmühle innigst vermischt.

Das Glasieren erfolgt bei Kacheln und Platten meist durch Beschütten der Gegenstände mit dem dicklichen Glasurbrei. Andere Stücke, wie Vasen usw. werden besser durch Tauchen glasiert. Wegen des Erfordernisses der Verdeckung des Scherbens und der Vermeidung des Durchscheinens der ihm eigenen Farbe wird die Schmelzglasur ziemlich dick aufgetragen, insbesondere bei Werkstücken mit erhabener Verzierung. Durch Mischung der farbigen Glasuren in den allerverschiedensten Verhältnissen untereinander erhält man Zwischenfarbtöne in reichlichster Menge. Durch Rechnung kann man etwa zu verwickelt gewordene Mischungsverhältnisse leicht wieder auf einfache zurückführen. (Vgl. Ker. Rechnen III, S. 94 ff.)

Obwohl noch andere Stoffe, z. B. Arsen-, Antimon-, Fluor-, Phosphor-, Zirkon-, Titan- und Borverbindungen imstande sind, mehr oder weniger brauchbare, weiße Schmelzgläser zu erzeugen, welche in der Glas- und Metallindustrie z. T. auch in Anwendung

sind, so haben diese, trotz aller Bemühungen, das Zinnoxyd in der Schmelzglasurfabrikation bisher doch nicht zu verdrängen vermocht.

Die Herstellung von Schmelzglasuren im Laboratorium geschieht genau nach den gegebenen Vorschriften für den Großbetrieb. Die Gewinnung des Aeschers erfolgt leicht durch Zusammenschmelzen und schließliches Veraschen des abgewogenen Metallgemisches in einem geräumigen, schrägliegenden Schamottetiegel über der Flamme des Bunsenbrenners. Das Einschmelzen des Emails kann in ebensolchen Tiegeln im Seger-Heinecke-Gasofen und das Aufbrennen der Glasuren und Farben in einer kleinen Gasmuffel oder bei vielen und größeren Proben in geeigneten Muffeln vorgenommen werden. Brenntemperatur: Silberschmelzhitze.

Wie bereits bemerkt, erfolgt das Aufbringen der Glasur stets auf bereits vorgebranntem Scherben. Dieser Vorbrand muß möglichst soweit gehen, daß alle Kohlensäure zum Entweichen gekommen ist. Der Scherben darf nie längere Zeit lagern, bevor er glasiert und zum zweiten Male gebrannt wird. Ferner darf der zweite Brand in Bezug auf die Höhe der Brennhitze nie den ersten übertreffen, sondern muß möglichst darunter bleiben. Durch die erwähnten Vorsichtsmaßregeln wird das Schaumigwerden der Schmelzglasur verhütet.

Verzierung der Schmelzware.

Die ältere Verzierungsweise der Fayence besteht darin, daß man die eben glasierten, aber noch nicht mit der Glasur gebrannten Waren alsbald, entweder einfarbig — meist geschah das in Kobaltblau — oder auch buntfarbig bemalt und Glasur und Malerei in einem Feuer aufschmilzt. Der Scherben hat seine Gare in jedem Falle bereits durch einen vorangegangenen Brand erhalten.

Die Einführung des Porzellans brachte eine diesem eigene, von der obigen aber abweichende Verzierungsweise mit sich, welche man dann ohne weiteres auf die Schmelzware übertrug. Die Ware wurde zu diesem Ende erst mit weißem Schmelz fertiggebrannt und dann, also auf der nicht mehr saugenden Fläche, bemalt und neuerlich gebrannt. Dieses Verfahren, obwohl eine Nachahmung der Verzierungsweise beim Porzellan, gestattet feinere Zeichnungen und eine ausgedehntere Farbenauswahl. Denn das Einbrennen der Farben brauchte nun nicht mehr bei der immerhin erheblichen Glut des Garbrandes der Glasur erfolgen, sondern konnte bei einem erheblich niedrigeren Hitzegrad (700—800° C) in Muffeln vorgenommen werden, einem Temperaturgrad also, welcher die Anwendung fast aller für das Porzellan in Frage kommenden bunten Farben gestattet.

a) Ursprüngliches Verfahren.

Als Farben hierzu können die weiter oben erwähnten Glasurfarbkörper, welche man je nach Bedürfnis heller oder dunkler einzustellen vermag, dienen. Sie sind nicht minder geeignet, dunkelfarbige Fonds abzugeben. Damit sie sich mit dem Pinsel gut auftragen lassen, kann man sie mit etwa 10 Prozent fettem Steingutton verreiben, ev. dem Anmachewasser auch etwas Glyzerin hinzufügen. Von den üblichen, im Handel erscheinenden Porzellanfarben sind die gelben, blauschwarzen und gelbgrünen für dieses Verfahren ebenfalls verwendbar, ebenso eine von Dr. A. Berge beschriebene Pinkfarbe (Sprechsaal 1912 Nr. 1—3) für Dunkelviolettrot (Purpur). Dunkle Grund- oder Hintergrundfarben können durch Anspritzen mit dem Zerstäuber aufgebracht werden.

b) Ueberglasurverzierung.

Diese unterscheidet sich von der beim Porzellan näher beschriebenen fast gar nicht, sie verwendet auch die nämlichen Farben und die nämlichen Malmittel, daher möge hier auf die näheren Ausführungen über die Darstellung und Anwendung von Porzellanfarben bei dem Kapitel „Porzellan“ verwiesen werden.

Feinere Hintergründe, auch solche, die im Glasurfeuer eingebrannt werden, etwa für Arbeiten im Sinne der della Robbia werden zweckmäßig auch erst nach dem Weißbrande auf der Glasur vertrieben und dann erst eingebrannt. Man reibt zu diesem Ende die Farbe zweckmäßig mit Terpentin- und viel Dicköl an, damit sie nach dem Auftragen, namentlich auf größere Flächen, längere Zeit flüssig bleibt. Nach der Beendigung des ziemlich kräftigen Auftrags, muß es leicht gelingen, durch Rütteln oder zweckmäßig angebrachtes Stoßen des Gegenstandes die Farbe ganz gleichmäßig auseinanderfließen zu lassen. Es ist auf diese Weise leicht möglich, zumal auf Platten, ganz gleichmäßig gefärbte und ruhig wirkende Hintergründe zu erhalten. Dem Einbrennen muß langsames und zuletzt scharfes Abtrocknen vorangegangen sein.

Das Brennen der Irdenware.

1. Das Brennen der unglasierten Irdenware, mit Ausnahme der Schamotteerzeugnisse, erfolgt bei Temperaturen von Kegel 07a bis etwa Kegel 02a, d. h. zwischen Silber- und Goldschmelzhitze, bezw. wenig darunter oder darüber. Bei den in größter Menge für Bauzwecke hergestellten Waren bedient man sich im Großbetrieb meistens der immerwährend im Betriebe befindlichen Ringöfen, welche bei feinerer Verblenderware in Muffeln um-

gestaltet zu werden pflegen, sodann mannigfach gestalteter abwechselnd gefeuerter Oefen, welche mehr dem Kleinbetriebe zugute kommen. In den ersteren Oefen oder auch in den Muffeln werden auch die feineren, unglasierten Terrakotten, bei denen auf einheitliche Färbung Gewicht gelegt wird, fertiggestellt.

Bei den Schamottewaren richtet sich die Höhe der Brenntemperatur nach derjenigen, welcher die Ware bei ihrer Verwendung ständig ausgesetzt werden soll. Erfordernis ist, daß sie bei den letzterwähnten Hitzegraden nicht mehr schwindet und somit den Zusammenhang des Mauerwerks nicht gefährdet oder durch Rissebildung der allmählichen Zerstörung Vorschub leistet.

Die glasierte Irdenware muß vor der im Ofen umherwirbelnden Flugasche geschützt sein. Bei gewöhnlicher Ware geschieht das meist dadurch, daß man dort, wo die Flamme einströmt, entweder eingekapselte Ware bis zu drei und vier im Verband gesetzten Reihen, welche die Flugasche aufnehmen, aufstapelt, dahinter aber frei aufgestellte ungeschützte Gegenstände aufbaut, oder man brennt überhaupt in Muffeln, wo nur die strahlende Wärme zur Wirkung kommt. Für glasierte Verblender und Terrakotten, welche großen Raum beanspruchen, verwandelt man wohl auch den Brennkanal der schon erwähnten Ringöfen in Muffelräume. Als Brennstoff kommt bei der unglasierten Irdenware ausschließlich Braun- oder Steinkohle, bei der glasierten vielfach Holz in Betracht.

Auch die Schmelzware wird noch fast durchweg im Holzfeuer erzeugt und dadurch nicht unwesentlich verteuert. Es geschieht das in beiden Fällen wegen der Empfindlichkeit der reichlich bleioxyd- bezw. blei- und zinnoxydhaltigen Glasuren in gelegentlich kräftig reduzierend wirkender Ofenluft. Es ist das lediglich eine Frage des Ofenbaues, welche früher oder später ihrer Lösung zugeführt werden wird. Die Schmelzware wird fast durchgängig in sogenannten Kasseleröfen mit langgestrecktem, halbzylindrischem Brennraum erzeugt, in welchem die glasierte Ware vor der Flugasche durch eine Schicht Abfallkacheln, Abdeckung mit Schamotteplatten u. dergl. Schutz erfährt.

Die Leitung des Brandes bei der glasierten Ware richtet sich ganz darnach, ob die Glasur auf rohem oder bereits vorgebranntem (geschrühtem) Scherben angebracht wurde. Bei der Schmelzware ist das letztere durchgängig der Fall, bei der Irdenware in der Regel nur bei der feineren. Während man bei ungeschrühtem Scherben nur langsam vorgehen und abwechselnd mit langer und kurzer Flamme brennen darf, kann man im umgekehrten Fall schneller und rücksichtsloser verfahren. Sehr gefördert wird das Gelingen der Brände dadurch, daß man Glasuren wählt, welche erst kurz vor der Gare des Brandes in Fluß geraten.

II. Das Steinzeug.

Das europäische Steinzeug ist, wie schon in der Einleitung ausgeführt wurde, ein vornehmlich deutsches Erzeugnis des Mittelalters, welches indessen, trotz seiner damaligen großen Verbreitung und Beliebtheit, nach der Neuzeit hin in seiner Anwendung für den häuslichen Bedarf stark zurückging, aber wiederum auf anderem Gebiet, dem der Benützung für Kanalisationsanlagen, zur Gewinnung säurefester Gefäße für chemisch-technische Zwecke und dergl. Bedeutung gewann. In allerneuster Zeit versucht man, und zwar nicht ohne Erfolg, das Steinzeug in verfeinerter Form, dem ostasiatischen ähnlich, auch wieder zu ebenso verbesserten Geräten für den Hausbedarf zu verwenden, bezw. seine erstaunliche Verzierungsfähigkeit für die Herstellung von Zier- und Schmuckgeräten auszunutzen.

Das Steinzeug verdankt seine Entstehung Tonen, welche keine oder nur ganz geringfügige Mengen an Calciumkarbonat enthalten und auch nicht allzureichlich mit Eisenoxyd behaftet sind. Ist das letztere dennoch der Fall, d.h. geht der Eisenoxydgehalt über 2—3 v. H. hinaus, dann entstehen beim Brande Erzeugnisse, welche auf der Grenze zwischen dem Steinzeug und dem gesinterten oder gefritteten Irdengeschirr stehen und eine scharfe Unterscheidung nicht mehr zulassen. Man ist daher von jeher gewöhnt, zum Steinzeug nur die Ware mit grauem oder graublauem, dichtem Scherben zu rechnen, auch wenn dieser mit braunem Salzglasuranflug versehen ist, alle anderen aber zum gesinterten bezw. gefritteten Irdengeschirr zu stellen.

Reich an Tonen, welche sich für die Steinzeugindustrie ohne weiteres eignen, ist, abgesehen von Böhmen, von jeher das Tonschiefergebirge des Westerwaldes gewesen. Aber auch andere kalk- und eisenoxydfreie bezw. daran arme Tone sind verwendbar, wenn sie auch häufig durch den Schlämm- oder Mahlprozeß erst dazu hergerichtet werden müssen.

Die Steinzeugtone sind durchweg feinkörnig, reichlich bildsam und, wegen ihres geringen Flußmittelgehalts, ziemlich feuerfest. Wegen ihres feinkörnigen Gefüges, welches eine erhebliche Feinporigkeit bedingt, verdichten sie sich im Feuer verhältnismäßig schnell. Ihre Garbrenntemperatur liegt daher zwischen Kegel 6a (1210° C) bis Kegel 11 (1310° C). Weil nun der Schmelzpunkt meist erst bei Kegel 26 (1650° C) bis 36 (1790° C) erreicht wird, so liegen Gar- und Schmelzpunkt bei dieser Tongattung sehr weit auseinander, ein Umstand, welcher die Fabrikation günstig beeinflußt.

Weil die Steinzeugtone meist reich an feinverteilter Kieselsäure in Form von feinem Quarzsand sind, so eignen sie sich vorzüglich

zur Aufnahme sogen. Anflugglasuren, d. h. sie sind imstande, im starkerhitzten Zustande, in Berührung mit einer Mischung von Wasserdampf mit Dämpfen in der Hitze flüchtiger Metallsalze mit diesen durch Umsetzung Metallsilikate oder Metallaluminiumsilikate zu bilden und sich damit in Form einer Art Glasur zu überziehen. Dieser Vorgang ist insofern von jeher zur Ausbeutung gekommen, als man vom Ursprung der Steinzeugfabrikation an bis auf den heutigen Tag die Hauptmenge alles fabrizierten, gröberen Steinzeugs mit sogen. Salzglasur, erzeugt durch Einwerfen von Kochsalz in den auf nahezu Gartemperatur erhitzten Steinzeugofen bei gleichzeitiger starker Flammenentwicklung, versah und versieht.

Die Steinzeugtone sind zwar von Natur so feinkörnig, daß sie in den meisten Fällen ohne besonderes Reinigungsverfahren, zuweilen auch ohne ihre natürliche Zusammensetzung ändernde Beimengungen verarbeitet werden können, sofern es sich um die übliche gröbere Steinzeugware handelt. In anderen Fällen kann auf solche nicht verzichtet werden. In allen Fällen indessen, wo feinere Ware erzielt werden soll, ist ein Schlämm-, bezw. Mahlverfahren unvermeidlich. Soll Glasur (abgesehen von der Anflugglasur) getragen werden, so sind bei flußmittelarmen Tonen auch noch geringe Zusätze an Flußmitteln angebracht.

Bei dem Verdichten der Steinzeugtone im Feuer tritt lediglich Sinterung, d. h. Verdichtung ohne Schmelzung irgendwelcher Bestandteile ein. Aus diesem Grunde ist der gewöhnliche Steinzeugscherben auch nur ausnahmsweise imstande, die durch Glasurüberzüge (abgesehen von Anflugglasuren) bewirkte Spannung auszuhalten. Diese Fähigkeit kann ihm indessen erteilt werden, sofern man die Sinterung durch Flußmittelbeigaben, welche eine teilweise Verglasung bewirken, unterstützt. Dieses letztere Verfahren findet seine Anwendung lediglich in der Feinsteinzeugfabrikation. —

A. Grobes Steinzeug.

Die Herstellung der groben Steinzeugmasse ist einfach. Der grubenfeuchte Ton wird entweder ganz unverändert oder mit mageren Sorten oder bei sehr bildsamem und stark schwindendem Rohstoff mit feinem Sand versetzt, gesümpft und dann wiederholt durch den Tonschneider geschickt. In kleinen Betrieben wird diese Arbeit wohl auch durch bloßes Durchkneten mit den Füßen, Aufballen, Schnitzeln, wobei gröbere Beimengungen zur Auslese kommen, und wiederholtes Durchtreten verrichtet. Die aufgeballte Masse kommt meist ohne vorherige Lagerung alsbald auf der Drehscheibe, in der Gipsform oder in der Gestaltungspresse zur Verarbeitung. In neuerer Zeit zieht man es, um eine noch weiter-

gehende Gleichartigkeit der Arbeitsmasse zu erzielen, indessen vor, die getrockneten Tone zunächst auf maschinellem Wege zu pulvern, erforderlichen Falles, sei es vor, sei es nach dem Pulverisierungsprozeß mit zum Versatz gehörigen Beimengungen zu versehen und nun erst, angefeuchtet, den Misch- und Knetmaschinen zu übergeben. Bei der Mitverarbeitung harten Tonschiefers kommt wohl auch der Naßkollergang in Frage.

Im Laboratorium wird die Darstellung gewöhnlicher Steinzeugmasse so bewirkt, daß man das trockene Pulver, wie weiter oben gezeigt wurde, mit oder ohne Beimengungen in einer Reibschale mit Hülfe eines Holzpflockes mit der erforderlichen Wassermenge durchknetet, mit den Händen weiter bearbeitet und die Probekörper in bekannter Weise formt. (S. S. 34.)

1. Unglasiertes grobes Steinzeug.

Wie schon weiter oben erwähnt, stehen die hierher gehörigen Tonwaren auf der Grenze zwischen der hartgebrannten Irdenware und dem eigentlichen Steinzeug. Ihrer Zusammensetzung nach, zumal wenn sie kalk- und eisenoxydhaltig sind, neigen sie bald mehr nach dem Irdengeschirr, bald mehr nach dem eigentlichen Steinzeug. Ihre im Brand erlangte Scherbendichtigkeit weist indessen mehr auf das Steinzeug denn auf die Irdenware hin, weshalb sie besser als unterste Stufe des Grobsteinzeugs abgehandelt werden.

a) Pflastersteine, Fußboden- und Bürgersteigfliesen (Klinker).

Unter Klinkerwaren, zu denen auch die Pflastersteine sowie die einfacheren Fußbodenplatten und Bürgersteigfliesen gehören, versteht man hartgebrannte, durch den Schmelzfluß eines Teils der Bestandteile verglaste, daher so fest verdichtete Erzeugnisse, daß sie mehr oder weniger vollkommene Dichte erlangen und infolgedessen beim Anschlagen klingen. Selbstverständliches Erfordernis ist natürlich, daß diese Waren ähnlich, wie z. B. das Porzellan, trotz des teilweisen, inneren Schmelzprozesses bei zuweilen beträchtlicher Schwindung ihre Form vollkommen beibehalten. Zu ihrer Herstellung liefert teils die Natur in Form von Tonen, die zufällig aus feuerfesten und leicht schmelzbaren Bestandteilen in geeigeter Mischung bestehen, sog. Klinkertone, teils werden zweckmäßige Arbeitsmassen auf künstlichem Wege dargestellt. Der Gehalt der Klinker an chemischen Bestandteilen schwankt in sehr weiten Grenzen. So gibt es solche, welche ganz kalkfrei oder sehr kalkarm sind, dafür aber 4—7 Prozent Alkalien sowie 5—7 Prozent Eisenoxyd enthalten. Andere sind fast alkalifrei, enthalten dafür aber etwas Kalk und viel

Eisenoxyd; andere wieder führen außer Eisenoxyd, Kalk und Alkalien, auch noch ansehnliche Mengen Magnesiumoxyd. Auffallend ist der hohe Gehalt an Calciumoxyd (bis zu 16 v. H.) bei einigen ungarischen, mit dem Namen „Keramit“ bezeichneten Erzeugnissen, welchem sich außerdem noch bis zu 5 Proz. Magnesiumoxyd zugesellen. Die Herstellung geeigneter Klinkermassen auf künstlichem Wege kann dadurch geschehen, daß man feuerfeste Tone mit solchen, die es nicht sind, welche indessen viel Flußmittel in Form von Eisen-, Calcium-, Magnesiumoxyd neben Alkalien enthalten, bis zu einem solchen Grade vermischt, daß bei Temperaturen zwischen Segerkegel 6a bis 9 und darunter geklinkerte, aber in der Form vollkommen erhaltene Scherben entstehen. Ihre Anwendung, sei es zu Pflastersteinen, sei es zu Bürgersteig- oder Fußbodenfliesen, erfordert eine Härte und Dichte des Scherbens, welche eine schnelle Abnutzung nicht aufkommen lassen darf. Außer den leichtschmelzbaren Tonen oder Lehmen kann man, ähnlich wie das beim Feinsteinzeug der Fall ist, zu den feuerfesten Tonen auch sonstige geeignete Flußmittel, so z. B. Mehle von gewissen Eruptivgesteinen wie Porphyr, Phonolith, Basalt, Bimssand u. dergl. hinzumischen. (Vgl. auch Kerl S. 1251.) Bei kalkhaltigen Massen ist unbedingtes Erfordernis, daß der Kalk so fein als immer möglich in der Masse verteilt ist, wie denn überhaupt auf die innige Mischung der einzelnen Bestandteile ein möglichst großes Gewicht gelegt werden muß.

Die Mischung kann auf nassem oder trocknem Wege vorgenommen werden. Im ersteren Fall werden die trocken gepulverten Bestandteile, sofern es sich um mehrere handelt, schichtenweise übereinander eingesumpft und dann wiederholt durch Misch- und Knetmaschinen geschickt, um die erforderliche innige Vermengung herbeizuführen. Handelt es sich um wenig bildsame Rohstoffe, Schiefertone und dergl., welche in nur schwach angefeuchtetem Zustande in Pressen gestaltet werden sollen, so genügt eine innige Michung der zugehörigen Rohstoffe durch Zusammenmahlen auf trockenem Wege.

Die Verarbeitung der fertigen Massen geschieht gleichfalls auf nassem oder trockenem Wege. Im ersteren Falle kann bei einfachen Waren das nämliche Verfahren, wie bei der Herstellung der Ziegelsteine, in Anwendung kommen, selbst Handstrich; bei besseren Erzeugnissen, bei denen es auf die Erhaltung tadelloser Form ankommt, tritt das Naßpreßverfahren mit ziemlich steifer Masse in die Erscheinung. Dem nämlichen Zweck dient die Trockenpressung unter Anwendung starken Druckes, besonders bei Massen mit nur geringer Bildsamkeit.

Das Trocknen der Klinkerwaren erfordert größere Aufmerksamkeit, wie bei den gewöhnlichen Ziegelwaren, weil die durchweg fettere Masse mehr zum Reißen und zum Verwerfen neigt, und es sich überdies um ein anspruchsvolleres Fabrikat handelt.

Klinkersteine finden Anwendung zu Fundamenten, Pfeilern, Brückengewölben, überhaupt zu Mauerwerk, welches hohem Druck ausgesetzt ist, ferner zum Belegen von Bürgersteigen, Fluren, Höfen, Stallräumen, sodann zur Herstellung gepflasterter Straßen überall da, wo die Beschaffung von natürlichen Pflastersteinen sich teurer stellt, als die Anwendung von Klinkern. Zu den Anforderungen gehört fast völlige Dichtigkeit, hohe Druckfestigkeit und bei Pflastersteinen eine gewisse Zähigkeit sowie Widerstandsfähigkeit gegen Abschleifen und gegen Stoß.

2. Mit Salz- bezw. Salz- und Lehmglasur glasiertes Steinzeug.

a) Gewöhnliches Gebrauchsgeschirr.

Als Arbeitsmasse für Gebrauchsgeschirr können nur solche Tone, bezw. Tonmischungen oder Mischungen von Tonen mit Magermitteln in Betracht kommen, die sich auf der Drehscheibe, sei es auf der gewöhnlichen mit Fußantrieb und Gestaltung mit der Hand, sei es auf derjenigen, welche maschinelle Bewegung erfordert, bei Gestaltung mit der Schablone, ohne Schwierigkeit verarbeiten lassen. Auch die Formerei mit Anwendung der Gipsform, neuerdings sogar des Gießverfahrens, finden mehr und mehr Eingang in die Fabrikation. Den Vorzug bei der Gebrauchsgeschirrfabrikation genießen Tone, welche im Feuer einen grauen, graublauen bis gelblich weißen Scherben liefern, welcher völlig oder nahezu völlig dicht wird. Indessen kommen auch dunkelfarbig brennende Arbeitsmassen vor. Erstere sind in der Regel arm an Kalk und Eisenoxyd. Vorteilhaft ist es, wenn sie, wie die Tone des Westerwaldes, 3—4 Prozent Alkalien enthalten, doch finden sich auch solche, die nahezu frei davon sind. Sofern es erforderlich scheint, können derartigeTone Zusätze an alkalihaltigen Stoffen, wie Feldspat, Trachyt, Phonolith und dergl. erhalten. Bedingung ist indessen eine möglichst innige Mischung. Letztere, d. h. die farbig brennenden, enthalten in der Regel größere Mengen an Eisenoxyd, bis zu 5, 10 und 15 v. H. und erinnern infolgedessen mehr an die Klinkertone. — Die chemische Zusammensetzung der Massen schwankt also auch hier in ziemlich weiten Grenzen. Bedingung für diejenigen, welche eine Anflugglasur (Salzglasur) erhalten sollen, ist, daß sie beträchtliche Mengen an sehr fein verteilter Kie-

selsäure in Form von Quarzsand enthalten. Andernfalls entwickelt sich die Salzglasur nicht oder unvollkommen. Grobsandige Steinzeugtone, wie z. B. derjenige, aus welchem das bekannte Bunzlauer Braungeschirr fabriziert wird, erhalten daher, statt nur sehr unvollkommener Salzglasur, lieber einen Ueberzug von Lehm, welcher bei der Garbrenntemperatur der Geschirre (s. weiter unten) zu einem braunen Glasurüberzug zusammenfließt. Die zu Glasur verwendbaren Lehme sind nicht eben häufig. Es ist erforderlich, daß sie bei Temperaturen von Kegel 5a—9 bereits in Fluß geraten und außerdem soviel Eisenoxyd (etwa 5 v. H.) neben etwa $^1/_2$ v. H. Titansäure enthalten, daß die beliebte Braunfärbung auch wirklich auftritt.

Bei der Anwendung von Lehmglasur ist es nicht unbedingt notwendig, daß der Scherben des Gefäßes vollkommen dicht brennt, was zuweilen schon wegen des Gehalts an grobem Quarzsande nicht restlos zu erreichen ist. Durch den zusammenhängenden Glasurüberzug wird gleichwohl eine hinreichende Dichte gewährleistet. Die Bunzlauer sowohl, wie anderweitige Braungeschirre, sind daher, streng genommen, auch nicht als eigentliches Steinzeug zu betrachten. Die Braunwaren stehen vielmehr, wie die Klinker, auf der Grenze zwischen eigentlichem Steinzeug, dessen Ofentemperatur sie zum Garbrand bedürfen, und etwa der gesinterten Irdenware, welcher ihre Scherbenbeschaffenheit nahekommt.

Der Scherben des hellfarbigen Steinzeugs hingegen muß erheblich dichter, ja vollkommen dicht sein, schon weil die Glasur nie in einem restlos zusammenhängenden Ueberzug erscheint, sondern meist aus lauter nebeneinanderliegenden Tröpfchen gebildet ist, sodann aber auch in praktischer wie geschmacklicher Hinsicht. Aus praktischer, weil derartige Gefäße vielfach zur Aufbewahrung von Flüssigkeiten (Fruchtsäften, Konserven, Mineralwässern, Getränken) sowohl unter vermindertem wie erhöhtem Luft- oder Gasdruck dienen, infolgedessen weder Luft von außen nach innen noch Flüssigkeit von innen nach außen hindurchlassen dürfen. Die Auswahl der Tone oder Tonmischungen muß gerade hier mit besonderer Sorgfalt vorgenommen werden.

b) Geräte für chemisch-technische Zwecke.

Die großartige Entwicklung der neueren chemischen Industrie hat das Bedürfnis nach größeren und kleineren Gefäßen wachgerufen, welche sich nicht nur gegenüber den Angriffen von stark sauren oder laugenhaften Flüssigkeiten und Körpern gleichgültig verhalten, sondern auch mehr oder weniger jähen Temperaturwechsel ohne Schaden zu ertragen vermögen. Besser noch, wenn sie sich auch als Kochgefäße verwenden lassen. Weil Porzellan in

der Regel zu kostspielig ist, sich zur Anfertigung sehr großer Gegenstände auch nicht besonders eignet und Glas zu zerbrechlich erscheint, ist die Aufgabe der Beschaffung derartiger Behälter samt Rohrleitungen, Hähnen und sonstigem Zubehör der Steinzeugindustrie zugefallen. Daran schließen sich allerlei andere Erfordernisse, wie die Beschaffung von säurefesten Pumpen, Chlorentwicklern, Säurekondensationsgefäßen, Ventilkugeln, Siebplatten, Kühlschlangen, Füllkörpern von Kondensationstürmen und dergl.

Scharf und dichtgebrannte kalk- und eisenoxydfreie oder nahezu freie Tone bezw. Tonmassen sind in der Regel unempfindlich gegen den Angriff starker, kalter oder heißer Säure, abgesehen von Fluorwasserstoffsäure. Stärker angreifend wirken starke Laugen, namentlich im heißen Zustande. Poröse Tonkörper werden kaum merklich von Säure, aber ziemlich stark von heißer Lauge angegriffen, was im letzteren Fall bis zu völliger Zermürbung führen kann. Daher wird es die erste Sorge des Steinzeugfabrikanten für chemisch-technische Gerätschaften sein müssen, möglichst vollkommen dicht gebrannte Waren aus sehr bildsamen und feinkörnigen Tonmischungen zu erbrennen. Dem steht indessen, weil derartige Massen starker Schwindung (bis zu 12 u. 14 v. H.) ausgesetzt sind, die Schwierigkeit entgegen, daß es großer Kunstfertigkeit bedarf, aus Steinzeugmasse Gefäße herzustellen, welche u. U. einen Gehalt von vielen tausend Litern fassen müssen. Um das dennoch zu ermöglichen, versetzt man die in der Regel sehr bildsamen Tone mit einem möglichst hohen Prozentsatz an schon gebranntem, aber zerkleinertem und in der Mühle feingemahlenem Rohstoff, wozu gelegentlicher Bruch, Abfallscherben oder auch eigens für diesen Zweck gargebrannte Masse verwendet werden können. Dadurch erfährt die Schwindung eine starke Herabsetzung; die Möglichkeit der Erstellung sehr großer Gefäße aber gewinnt eine größere Wahrscheinlichkeit. Das weiter oben betonte Erfordernis der Dichte des Scherbens erleidet allerdings eine mehr oder weniger merkliche Beeinträchtigung, sofern nicht hierauf besondere Aufmerksamkeit gerichtet wird. Die Gefäße aus solchen Massen pflegen daher auf der Innenseite stets noch mit Lehmglasur versehen zu werden, während außen Salzglasur zur Anwendung kommt. Es ist vorteilhaft, derartigen Massen, sofern sie arm daran sind, kleine Mengen (5—10 v. H.) an vorwiegend alkalischen Flußmitteln einzuverleiben.

Das Verfahren bei der Herstellung der Massen ist das nämliche, wie es bei den Klinkerwaren beschrieben wurde.

Die Frage nach der Widerstandsfähigkeit gegen jähen Temperaturwechsel und nach der Herstellung von großen Kochgefäßen aus Steinzeug harrt noch immer der endgültig befriedigenden Lö-

sung. Immerhin können die Erfahrungen beim Glas wichtige Anhaltspunkte liefern. Es sind dort die Gefäße mit dünner und durchweg gleichmäßig starker Wandung, welche den erwähnten Anforderungen am ehesten gerecht werden. Diese Erfahrung kann auf Geräte aus Steinzeug ohne weiteres übertragen werden. Hinzu kommt allerdings, daß es bei der Fabrikation von Tongerätschaften viel schwieriger ist, die gefährlichen Spannungen, welche sich bei der Herstellung der Gefäße in Gestalt von Scherbengegenden von ungleicher Dichte ergeben, ganz zu vermeiden. Mit diesem Fehler behaftete Steinzeuggefäße gleichen dann schlechtgekühltem Glase; sie gehen zu Bruch, sobald sich eine Gelegenheit zur Auslösung der durch den Brennprozeß erheblich gesteigerten Spannungen ergibt. In sehr vielen Fällen wird durch unzweckmäßige, aber vorgeschriebene Gestalt der Gefäße der erwähnte Fehler fast unvermeidlich gemacht.

Um bei Vorrichtungen, welche aus mehreren Teilen zusammengesetzt sind (Topf und Deckel, Tuben und Stopfen, Absperr- und Abflußhähne, Rohrleitungen und Verbindungen, Pumpenteile usw.) die nötige Dichte an den Vereinigungsstellen zu erzielen, wird nicht selten eine recht umständliche Schleifarbeit erforderlich. Das Gelingen dieser setzt selbstverständlich wiederum einen möglichst porenfreien, harten Scherben voraus.

Laboratoriumsarbeiten auf diesem Gebiet werden sich selbstverständlich an all die oben geschilderten Erfordernisse anzulehnen haben und sie stets im Auge behalten müssen. Die chemische Zusammensetzung derartiger Grobsteinzeugmassen ist ebenfalls ziemlichen Schwankungen unterworfen; außerdem bildet man sie aus den allerverschiedensten Stoffen, um auch bezüglich der physikalischen Anforderungen (Bildsamkeit, Dreh- und Formbarkeit, Schwindung, in neuerer Zeit auch Gießfähigkeit usw.) möglichst gut abzuschneiden. Man wird daher gut tun, sich bezüglich der chemischen Zusammensetzung an die in der Literatur verstreuten Analysen von anerkannt brauchbaren Massen zu halten, um in Anlehnung daran neue Versätze zu gewinnen. Die Schwindung der Steinzeugmassen dieser Art bewegt sich zwischen 10—14 v. H.

c) Kanalisations- und Stallgeräte.

Die Herrichtung der Masse für diese Fabrikate ist im wesentlichen die nämliche, wie bei den unter b) beschriebenen, und das Verfahren bei der Darstellung ähnelt dem unter a) näher dargelegten. Auch die Rohstoffe sind ganz die nämlichen wie bei b). Weil es sich fast ausnahmslos um ziemlich große und dickscherbige Stücke handelt, welche keiner allzugroßen Schwindung im Feuer ausgesetzt werden dürfen, weil mit dieser oft auch unzulässige Ver-

zerrungen in der Form verbunden sind, so werden den Arbeitsmassen von vornherein geeignete Magermittel, wie magerer Ton, Tonsand, Sand, Schamottemehl usw. in größeren Mengen zugesetzt. Weil die Kanalisationsröhren überdies auf der Innneseite meist mit Lehmglasur versehen zu werden pflegen, so ist eine völlige Dichte des Scherbens, wie das bei den im vorhergehenden Kapitel erwähnten Waren angefordert wurde, nicht unbedingt Erfordernis. Die Hauptanforderungen bestehen darin, daß die zugehörigen Stücke gut zusammenpassen, also im Feuer ihre ursprüngliche Form nicht verloren haben, ferner daß sie imstande sind, einen beträchtlichen Druck auszuhalten, ohne zu zerbrechen. Bei Rohrleitungen, die zu Wasserzuführungen bestimmt sind, kommt es dabei auf die Widerstandsfähigkeit gegen inneren, bei Kanalisationsröhren auf das Ertragen äußeren Druckes an. Bei Stallgeräten, wie Krippen, Wannen, Trögen sowie bei Ausstattungswaren für Baderäume, Klosetts, chemische Laboratorien, Operationssäle, fällt die Forderung auf Widerstandsfähigkeit gegen Druck hinweg, hingegen werden höhere Anforderungen in Bezug auf Glätte, schönes und gleichfarbiges Aussehen, Undurchlässigkeit für Wasser, also Dinge, welche der größtmöglichen Sauberkeit Vorschub leisten, gestellt.

Die röhrenförmigen Kanalisationsgeräte werden fast ausnahmslos aus bildsamer Masse durch Preßdruck unter Anwendung dazu geeigneter Maschinen dargestellt. Alle übrigen, welche durch Pressung nicht gewonnen werden können, werden in der Gipsform gestaltet. Bei der Preßmasse ist darauf Gewicht zu legen, daß sie trotz starker Magerung dennoch den nötigen Zusammenhang behält, um als zusammenhängender Scherben ohne Querrisse aus der Presse zum Vorschein zu kommen. Luftgehalt ruft Blasenbildung und Schieferung hervor, muß daher möglichst vermieden werden.

Brennt sich der Scherben annähernd weiß und besitzt er zugleich hinreichende Festigkeit, so kann er, bei Anwendung farbloser Steinzeugglasur, auch zur Herstellung gewöhnlicher weißer Ware, insbesondere für Ausstattungsartikel von Bade-, Klosett- und dergl. Anlagen anspruchsloserer Art Verwendung finden.

Das Aufbringen der Lehmglasur im Innern der Kanalisationsröhren erfolgt meist durch Beguß, das der farblosen Steinzeugglasur bei den zuletzt erwähnten Waren durch Eintauchen des zu glasierenden, u. U. vorher verglühten Gegenstandes oder gleichfalls durch Angießen oder Anspritzen mit einem Zerstäuber.

B. Feines Steinzeug.

Wie aus der Bezeichnung hervorgeht, handelt es sich hier im wesentlichen zwar um die nämliche Sache, indessen in beträchtlich

verfeinerter Form. Das Feinsteinzeug, dessen Fabrikation uralt ist und welches zuerst aus Ostasien, vielfach unter der Bezeichnung „Porzellan“ nach Europa kam, erfreut sich erst in allerneuester Zeit größerer Aufmerksamkeit, nämlich seitdem man gefunden hat, daß es außer der üblichen Anflug-(Salz-)glasur, bei geringer Aenderung des Scherbens, auch jede andere zu tragen vermag und dann in Bezug auf Verzierungsfähigkeit das europäische Porzellan nicht unerheblich übertrifft. In dieser Form ragt das Steinzeug bereits in die Feinkeramik hinein, zu der ja auch die chinesischen und japanischen Erzeugnisse als sogen. „Porzellan“ von jeher gerechnet worden sind.

Die für das unglasierte oder glasierte Feinsteinzeug verwendete Masse ist die gleiche. Haupterfordernis ist, wie beim Porzellan, möglichste Feinheit des Korns der einzelnen Bestandteile. Feinsteinzeugmasse muß Siebe von mindestens 5400 bis zu 9200 Maschen leicht durchsinken, ohne einen größeren Rückstand als 0,5—1,0 v.H. zu hinterlassen. Weil sie aus hochbildsamen Steinzeugtonen dargestellt wird, ist ihre Verwendbarkeit eine sehr ausgiebige, zumal dadurch auch ihre Verarbeitbarkeit, sowohl auf der Frei- wie auf der Schablonendrehscheibe und in der Gipsform gewährleistet ist. Nicht selten kann auch von dem Gießverfahren, mit oder ohne Sodazusatz, ausgedehnte Verwendung gemacht werden. Je nachdem ihr mehr oder weniger Flußmittel in Gestalt von Feldspat zugesetzt werden, wodurch anstatt der bloßen Versinterung, der Verglasung der Masse Vorschub geleistet wird, erhält man Scherben, welche sich mehr an das Steinzeug oder mehr an das eigentliche Porzellan anlehnen. Mit der zunehmenden Verglasung steigt bei eisenarmen und quarzreichen Steinzeugtonen auch das Vermögen des Scherbens, eine weiße Farbe anzunehmen und dem Licht den Durchtritt zu verschaffen. Es kann das so weit getrieben werden, daß die Unterscheidung von wirklichem Porzellan nur noch schwer zu bewerkstelligen ist. Bei Abnahme des Flußmittels schwindet auch die Lichtdurchlässigkeit; der Scherben wird silbergrau und schließlich, wie das gewöhnliche Steinzeug, trotz durch Sinterung erlangter Dichte, empfindlich gegen die durch die Glasur bewirkte Spannung.

Die hervorragende Bildsamkeit der Steinzeugtone ermöglicht es überdies, der Masse große Mengen an Quarz einzuverleiben, woraus sich der auffallend geringe Gehalt an Tonsubstanz mancher hervorragend lichtdurchlässigen ostasiatischen „Porzellane“ zwanglos erklären läßt (Vgl. auch Segerporzellan).

Die Zubereitung der Masse kann in verschiedener Weise erfolgen, indessen, sofern es sich um ein immer gleichbleibendes Erzeugnis handeln soll, nicht mehr, wie bei den bisherigen Massegattungen, ohne eine genaue chemische Ueberwachung. Zu den ein-

fachsten Prüfungsmitteln gehört das Schlämmverfahren. Der Ton oder, sofern es sich um mehrere handelt, die Tone werden durch Schlämmung von allen ihnen beigemengten gröberen und z.T. schädlichen Stoffen befreit. Das Schlämmprodukt muß durch Siebe von 5400—9200 Maschen anstandslos hindurchgehen. Die Zusammensetzung des Feinschlammes ermittelt man durch die rationelle Analyse. Diese Feststellung wird bei jedesmaligem Wechsel des Rohstoffes, auch wenn er aus der nämlichen Grube stammt, wiederholt. Erst dann kann die Feststellung des Versatzes beginnen. Ein erprobter Versatz zu Feinsteinzeugmasse ist z. B. der vom Verfasser (Bunzlauer Feinsteinzeug, Sprechsaal 1910, Nr. 1—4) angegebene.

45	Tonsubstanz
43	Quarz
12	Feldspat.
100	

Dieser Versatz ist als ein mittlerer zu betrachten. Er kann selbstverständlich die mannigfachsten Abänderungen in Bezug auf den Gehalt an Einzelbestandteilen erleiden. Ueber die Verfahren zur Versatzberechnung gibt des Verfassers Ker. Rechnen III, S. 125 näheren Aufschluß.

Bei der Darstellung der Feinsteinzeugmasse im großen kann man sich des auch bei der Fabrikation des weißen Steinguts gebräuchlichen Verfahrens bedienen. Die bildsamen Rohstoffe, deren Schlämmrückstände bekannt sind, werden — die unplastischen Zusätze natürlich in feingemahlenem Zustande — einem geschlossenen, starken Quirl mit dem erforderlichen Wasserzusatz übergeben. Nach erfolgter Aufschlämmung läßt man die Trübe ab- und über ein Schüttelsieb fließen. Während alle groben Bestandteile darüber hinweggehen, fällt die Trübe in die darunter befindliche bedeckte Grube und wird dort durch ein Rührwerk in ständiger Bewegung gehalten, bis sie durch die Filterpresse, von der Hauptmenge des Wassers befreit, in knetbare Form gebracht worden ist. Knetmaschinen sorgen für die weitere Bearbeitung und Fertigmachung, sofern nicht vorgezogen wird, die Masse in feuchtem Zustand noch einige Wochen dem sogen. Maukprozeß im Keller zu überlassen.

Weil es nicht selten vorkommt, daß die Steinzeugtone einen Schlämmrückstand liefern, welcher aus fast reinem Quarz und nur wenigen Körnchen von verunreinigenden Substanzen besteht, während doch sehr häufig Quarz in gemahlenem Zustande dem Feinton wieder zugesetzt werden muß, um ihn in Arbeitsmasse zu verwandeln, so liegt nahe, diesen wie erwähnt beschaffenen Schlämmrückstand zur Mitverwendung zu ziehen. Die Zerkleinerung dieses

Rohstoffes muß dann durch den Mahlprozeß auf der Kugelmühle herbeigeführt werden. Bei dieser Gelegenheit können aber auch die dem Ton sonst noch einzuverleibenden Stoffe, wie Feldspat, Quarz, Kalkspat usw. gleich mitvermahlen werden, bedürfen also keiner vorhergegangenen Feinmahlung. Dieses Verfahren (näherer Aufschluß findet sich in dem bereits erwähnten Aufsatz des Verfassers „Bunzlauer Feinsteinzeug“) hat sich auch in der Richtung bewährt, daß die dem Rohton beigemengten, verunreinigenden Bestandteile durch die feine Vermahlung in der Masse so gut verteilt werden, daß sie praktisch vollkommen verschwinden. Die Mahldauer beträgt, bei zweckmäßiger Beschickung, nicht mehr als 10—12 Stunden. Abgesehen von Ersparnissen an Rohstoffen, die dieses Verfahren mit sich bringt, wird auch das ganze langwierige, kostspielige Schlämmverfahren umgangen. Als größter Vorteil aber muß die Tatsache gelten, daß es keine Art der Aufbereitung gibt, welche eine innigere Vermengung der zur Masse gehörigen Bestandteile gewährleistet, als eben das Mahlverfahren.

Wie beim Porzellan ist es zweckmäßig, daß die Masse vor ihrer Verarbeitung einige Zeit lagert, obwohl das bei ihrer hervorragenden Bildsamkeit nicht unbedingt erforderlich erscheint. Der Verarbeitung muß aber notwendig ein sorgfältiges Gleichartigmachen durch anhaltendes Kneten, Schlagen und Durcharbeiten der Masse vorhergehen, weil sie bei ihrem feinen Gefüge nach dem Brennen alle Fehler, welche durch die Verschiedenheit der Dichte einzelner Anteile des Scherbens hervorgerufen werden, ebenso wie beim Porzellan, leicht erkennen läßt.

1. Unglasiertes Feinsteinzeug.

a) Einfarbige und buntgemusterte Fußbodenfliesen.

Die Darstellung der Masse zu diesen Erzeugnissen unterscheidet sich in keiner Weise von der soeben beschriebenen. Die Hauptanforderung, welche an das Fabrikat gestellt wird, ist, daß es sich beim Gebrauch möglichst wenig abnutzt, also neben gefälligem Aussehen auch große Härte besitzt. Die Forderung kann aber nur durch möglichst feines Korn der Masse und durch hinreichenden Flußmittelgehalt, welcher neben der bloßen Versinterung des Scherbens zugleich seine teilweise Verglasung bewirkt, erfüllt werden.

Die Gestaltung erfolgt wohl nur noch ganz ausnahmsweise durch Formen und Nachpressen, weil auf diese Weise eine tadelfreie Gestalt, durch welche die Vereinigung vieler Fliesen zu einer großen und vollkommen ebenen Fläche mit engen Fugen bedingt wird, nicht oder nur unvollkommen erhalten werden kann. Sie wird

besser in Stahlformen durch Trockenpressung unter Anwendung hydraulischen oder Schraubenspindel-Druckes bewirkt. Zu diesem Ende ist es notwendig, die Masse soweit zu trocknen, bis sie nur noch 5—8 v. H. an mechanisch beigemengtem Wasser enthält. Durch geeignete Maschinen wird sie dann gekörnt. Bedingung ist, daß dabei nicht zuviel Massestaub entsteht. Die Masse macht in diesem Zustand einen nahezu trockenen Eindruck, ballt sich aber doch beim Zusammendrücken mit der Hand etwas zusammen. Beim Füllen der Stahlformen kommt alles darauf an, daß die Masse in der Form ganz gleichmäßig verteilt wird. Allerdings kann auch durch das gebräuchliche Einsieben nicht ganz verhindert werden, daß sie in der Mitte dichter liegt, als an den Rändern. Durch ungleichmäßige Dichte aber wird die Schwindung ungünstig beeinflußt, wodurch wiederum mehr oder weniger starkes Verwerfen und Reißen, mithin auch größerer oder geringerer Ausfall hervorgerufen wird. —

Die gepreßten Fliesen bedürfen nur noch geringen Nachtrocknens und sind dann für die weitere Behandlung im Feuer fertig.

Die Naturfarbe der Feinsteinzeugmasse ist, sofern eisen- oder nahezu eisenfreie Tone dazu verwendet werden, taubengrau und je nach der Menge des zugesetzten Quarzes und Feldspates silbergrau bis nahezu weiß. Bei Anwendung von mehr oder weniger eisenoxydhaltigen Tonen kann man indessen auch rote, braunrote oder, bei etwas Kalk- und Titangehalt, gelbe Farben erzielen, desgleichen verschiedene Abstufungen von Grau. Andere Farben können durch innige Beimengung von färbenden Metalloxyden zur Masse während des Mahlprozesses erhalten werden. So z. B. färbt Chromoxyd eisenarme Massen grün, eisenhaltige dunkelbraun. Kobaltoxyd liefert blaue Massen . Gleichzeitige Anwendung von Kobalt-, Mangan- und Eisenoxyd oder Kobalt-, Chrom- und Eisenoxyd liefert schwarze Massen, welche bei starker Verdünnung Abstufungen von Grau hervorrufen. Weiß wird durch weißbrennende Zusammenstellungen (Kaolinmassen) mit oder ohne Zusatz von gemahlenen Porzellan- oder Steingutscherben erhalten.

Die erwähnten Farben lassen nicht nur eine ganze Reihe verschiedenfarbiger Fliesen, welche zu hübschen Mustern zusammengefügt werden können, in die Erscheinung treten, sondern sie können sich auch bei ein und derselben Platte zu anmutigen Verzierungen oder Teilen von solchen, die sich über mehrere Fliesen erstrecken, vereinigen (Mosaikplatten). Weil aber, insbesondere die künstlich hergestellten, farbigen Massen nicht selten kostspielig sind, pflegt man nicht den ganzen Fliesenkörper daraus darzustellen, sondern nur eine etwa 2—3 mm dicke Schicht, während die dahinter liegenden Anteile aus gewöhnlicher Füllmasse bestehen.

Bei Fliesen, welche über die ganze Fläche hin gefärbt werden sollen, verfährt man so, daß zuerst farbiges Massepulver in die Form geschüttet oder gesiebt und geebnet wird. Alsdann folgt die Füllmasse. Beide werden hierauf unter dem starken Druck des Preßstempels (180—200 Atm.) miteinander vereinigt. Schwieriger ist das Verfahren bei mehrfarbig gemusterten Fliesen. Diese erfordern nach den Umrißlinien des immer einfachen Musters zusammengebogene, bezw. -gelötete Hochschablonen aus einem dünnen, aufrechtstehenden Messingblechband, welches erforderlichen Falles nach unten hin noch schneidenartig zugeschärft ist. Eine derartige Schablone läßt sich mit geeigneter Führung in die Stahlform einsetzen. Mittels trichterartiger, wagrechter Deckschablonen vermag man nun alle diejenigen Umfriedigungen abzudecken, welche eine andere, als die zuerst einzusiebende, gefärbte Masse erhalten sollen, denn die erwähnte Deckschablone hat nur mit den für die betreffende Farbe bestimmten Umgrenzungen zusammenfallende Oeffnungen. Nach erfolgter Einsiebung wird die erwähnte Deckschablone abgehoben, und eine zweite mit Oeffnungen für eine andere Farbe, welche gleichfalls zu dem Ornament gehört, tritt an ihre Stelle. So geht es fort, bis nach Eintragung sämtlicher Farben auch die Umgrenzungsschablone vorsichtig entfernt und Füllmasse nachgesiebt wird. Nach erfolgter Pressung ist alles zu einer gemusterten Platte fest vereinigt.

b) Tonmosaik.

Während man die unter a) beschriebenen, buntgemusterten Steinzeugplatten mit dem Namen Mosaikplatten bezeichnet, unterscheidet sich das Tonmosaik von diesen dadurch, daß es aus lauter sehr kleinen farbigen Steinzeugbrocken zusammengesetzt ist. Weil es ebenfalls für Fußböden Verwendung findet, so müssen die erwähnten Tonbrocken in Bezug auf Härte und Widerstandsfähigkeit gegen Abnützung das nämliche, wie die Platten zu leisten vermögen. Es werden also genau die nämlichen Massen, wie die bei den Mosaikfliesen erwähnten, in Frage kommen. Eine geringe Erleichterung der Fabrikation besteht insofern, als es auf die Einheitlichkeit der Schwindung der verschiedenen Massen nicht so sehr ankommt, weil sie ja nicht durch Pressung aneinander gekittet werden, wie dort, sondern für sich existieren. Die Herstellung der Plättchen, Stäbchen oder Bröckchen erfolgt ebenfalls durch hydraulischen Druck, indem der Preßstempel sich in viele Stäbchen auflöst, die in entsprechende Höhlungen der Matrize, welche letztere mit dem Massepulver gefüllt werden, passen. Größere Mosaikstücke können mittels geeigneter Schablonen aus geformten Platten ausgestochen werden.

2. Glasiertes Feinsteinzeug.

Bei der Beschäftigung mit dieser Ware werden wir bereits einem von hier ab unentbehrlichen Hilfsmittel bei der Fabrikation, nämlich der Gipsform begegnen. Vom Gips selber war schon weiter oben (S. 23) die Rede. Die Herstellung der Gipsformen bildet ein Arbeitsfeld für sich, das hier in diesem engen Rahmen nur gestreift, aber nicht erschöpft werden kann. Sie sind Negative, die von den nach dem Entwurf des Künstlers gebildeten Modellen mit Hilfe der hierzu gebräuchlichen sogen. Einrichtungen abgenommen werden und dem eigentlichen Positiv, dem darin geformten oder gegossenen Tongegenstand, zur Gestaltung verhelfen sollen. Gleichmäßiger Guß, gutes Zusammenpassen der Einzelteile bei größtmöglicher Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung, Schärfe der abgeformten Verzierungen, gleichmäßige Scherbenstärke usw. sind unerläßliche Bedingungen. Jede Form ist nach dem Gebrauch zu reinigen und zu überpudern, sofern sie mit der Innenseite nach außen zum Trocknen aufgelegt werden soll. Trockentemperaturen über 100° sind zu vermeiden, weil sie die Form zerstören, desgleichen alle harten und scharfen Gegenstände bei der Reinigung. Sorgfältigste Behandlung der Gipsformen gewährleistet eine lange Benutzung und damit eine Verminderung der Fabrikationskosten. Sie ist daher überall anzustreben.

a) Feine Gebrauchsgeschirre.

Die feinen ostasiatichen Gebrauchsgeschirre aus Steinzeug, welche von jeher als „Porzellan“ gegolten haben und mit diesem in einen Topf geworfen worden sind, haben bei dem hohen Ansehen, in welchem das von Joh. Fr. Böttcher entdeckte weiße Porzellan steht, in Europa bisher nur wenig Beachtung gefunden, obwohl die viel bewunderte Keramik Japans u. Chinas sich vorzugsweise auf dem Feinsteinzeug aufgebaut hat. Gebrauchsgeschirre in allen nur denkbaren Formen und in reichster Verzierung treten auf und dienen allen nur möglichen Zwecken, und zwar den nämlichen, denen das europäische Porzellan und das weiße Steingut zu entsprechen suchen. Weil das ostasiatische Feinsteinzug stets für Porzellan galt, so hat man es in Europa auch in Porzellan nachzuahmen versucht, während das eigentliche Feinsteinzeug ganz vernachlässigt blieb. Aus dieser merkwürdigen Verkennung des wahren Sachverhalts sind die vielen ergebnislosen Versuche, gewisse, von den Ostasiaten spielend ausgeübte Techniken (Chinarot, Emailverzierung u. a.) auf europäischen Porzellanen nachzuahmen, leicht und ohne allen Zwang zu erklären.

Die Verwendung der Steinzeugmasse zu allerlei Gebrauchsgeschirren liegt bei ihrer hervorragenden Bildsamkeit außerordent-

lich nahe und gestaltet sich sehr einfach. Sie kann durch Drehen, Formen oder auch durch den Gießprozeß zur Gestaltung gelangen. Letzterer ist indessen nicht so ausgiebig anwendbar, wie das bei den mageren Porzellanmassen der Fall ist. Die Behandlung der gestalteten Masse ist ganz ähnlich der beim Porzellan. Nach dem Trocknen erfolgt bei allen besseren Geschirren der Verglühprozeß und nach diesem die Anbringung der Glasur. Daran schließt sich der Glattbrand bei Temperaturen zwischen Kegel 9—11.

b) Ziergeräte.

Auch in dieser Hinsicht genügt ein Rückblick auf die Leistungen der Ostasiaten, um erkennen zu lassen, wie unendlich mannigfach die Möglichkeiten zur Herstellung von Ziergeräten beim Feinsteinzeug sind. Die mäßige Brenntemperatur und die Aufnahmefähigkeit der gefertigten Gegenstände für alle nur denkbaren keramischen Verzierungsmittel, der vornehm wirkende, neutrale, silbergraue Untergrund usw. machen gerade das Feinsteinzeug zu einer ganz besonders geeigneten Unterlage für diese Zwecke. Dazu kommt die hohe Bildsamkeit, welche auch hinsichtlich der Formen dem gestaltenden Künstler keinerlei Schwierigkeiten in den Weg legt.

c) Fliesen und Platten für Wand- und Deckenbelag.

Das erwähnte Gebiet wird einstweilen noch vom weißen Steingut beherrscht, indessen ist mit ziemlicher Bestimmtheit anzunehmen, daß bei der ausgedehnten Verwendbarkeit des Feinsteinzeugs in Zukunft auch hier Boden gewonnen werden wird.

d) Chemisch-technische Geräte.

Wenn weiter oben bereits die Rede von Gerätschaften für die Verwendung in chemischen Fabriken u. s. w. war, so galt das für besonders umfangreiche, zur Aufnahme großer Mengen von Flüssigkeiten und dergl. geeignete Gefäße aus Grobsteinzeug. Diese kann das Feinsteinzeug nur bis zu gewissen, nicht besonders ansehnlichen Abmessungen hergeben, weil feinere Massen wegen ihrer stärkeren Schwindung und ihrer Neigung zur Auslösung von Spannungen vor und nach dem Brennen nicht selten ein negatives Ergebnis zeitigen. Wohl aber kann die schon bei den Fußbodenfliesen erwähnte, hervorragende Härte und Zähigkeit der Feinsteinzeugmassen, die von dem spröden Porzellan nicht erreicht wird, zur Herstellung solcher Geräte und Apparate dienen, bei denen Härte und Zähigkeit in erster Linie Erfordernis sind. Dahin ge-

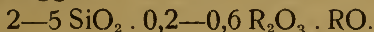
hören Reibschalen und Mörser aller Art, Kugelmühlen und dergl. Aber auch Abdampfschalen, Röhren, Standgefäße, Tiegel, Isolierartikel und dergl., überhaupt die allermeisten Dinge, die man aus Hartporzellan herzustellen gewöhnt ist, lassen sich ebensogut und billiger auch aus Feinsteinzeugmasse gewinnen. Um dennoch größere Geräte aus Feinsteinzeug herzustellen, würde man durch den bewährten Weg des Zusatzes von bereits hochgebrannter und durch nachfolgende Feinmahlung in Pulver verwandelter Masse die durch starke Schwindung hervorgerufenen Hindernisse zu beseitigen trachten müssen.

Aus den obigen Betrachtungen ergibt sich das Verfahren bei der Untersuchung von Rohstoffen für die Feinsteinzeugindustrie, bei Versuchen zur Zusammensetzung von Massen, Prüfung ihrer Eigenschaften und der Brennproben ohne weiteres. Nach Ermittelung der rationellen Zusammensetzung des durch ein 9200-Maschensieb gesiebten Feinschlammes erfolgt die Berechnung des Masseversatzes nach den bekannten Gepflogenheiten (Vgl. Ker. Rechn. III, S. 125). Die so ermittelten Zusatzstoffe haben gleichfalls ein Sieb von mindestens 5400 Maschen auf dem Quadratzentimeter zu durchsinken, und zwar ohne Anwendung aller Zwangsmittel, wie Reiben mit der Hand, einem Pinsel usw. Nur leichte Schläge mit der Hand gegen den Siebrand sind zulässig. Nach innigster Mischung in einer Reibschale wird der nicht zu dünnflüssige Brei noch einmal gesiebt, auf einer Gipsplatte vom Wasser befreit und nach dem weiter oben angegebenem Verfahren zu Probekörpern verarbeitet. Eine zu reichliche Anwendung von Wasser bei der Herstellung der Masse bewirkt leicht Entmischung und muß deshalb vermieden werden.

Die Feinsteinzeugglasuren.

1. Farblose Glasuren.

Nach des Verf. Ker. Rechn. III, S. 67 bewegt sich die Zusammensetzung der Steinzeugglasur in den Grenzen der Formel:



$$2—5\ SiO_2 \ .\ 0{,}2—0{,}6\ R_2O_3\ .\ RO.$$

Wenn man berücksichtigt, daß die Brenntemperatur der Feinsteinzeuge zwischen Kegel 9—11 liegt, so können bei hoher Garhitze wohl auch noch Zusammenstellungen mit höherem Kieselsäure- und Tonerdegehalt zur Anwendung kommen. Es muß das von Fall zu Fall festgestellt werden. Das RO der farblosen Steinzeugglasuren setzt sich fast ausnahmslos aus alkalischen Erden und Alkalien zusammen. Glasbildende Oxyde der Schwermetalle, wie Blei-, Zink-, Kupfer-, Kadmiumoxyd, sowie Eisen-, Kobalt- und Manganoxydul u. a. sind natürlich nicht ausgeschlossen und finden insbesondere zur farbigen Verzierung des Feinsteinzeugs ausgiebigste Verwendung.

Selbstverständlich bleiben von den zuletzt erwähnten Stoffen Blei- und Zinkoxyd überall dort von der Glasurbereitung ausgeschlossen, wo es sich um Gefäße und Geräte handelt, welche irgendwie mit Nahrungsmitteln in Berührung kommen. Als Rohstoffe für die Glasurbereitung dienen neben reinen Quarzsanden, Kaoline, Feldspate und die Karbonate der alkalischen Erden.

2. Farbige Glasuren.

Anders verhält es sich mit jenen Glasuren, welche lediglich Verzierungszwecken dienen sollen.

Sie lassen sich in verschiedene Gruppen einteilen, je nachdem sie Fritten enthalten oder davon frei sind.

a) Einfache gefärbte Steinzeugglasuren.

Als Grundlage dienen stets diejenigen farblosen Glasuren, die sich für den Scherben als brauchbar erwiesen haben, d. h. auf diesem vollkommen durchgeschmolzen, glänzend und haarrissefrei sitzen. Der Einfachheit halber setzt man prozentuale Mengen an färbenden Metalloxyden zu, vermischt gut durch Reiben auf einer Glasplatte — im großen durch Mahlen in der Kugelmühle — und trägt unter Anwendung der nur eben notwendigen Menge Wasser — um Entmischung hintanzuhalten — auf den verglühten Scherben auf. Nach dem Brennen kann leicht festgestellt werden, ob mehr Oxyd, um eine dunklere Wirkung zu erzielen oder mehr farblose Glasur, um einen helleren Farbton zu erhalten, aufgewandt werden muß. Man wählt für Kobaltblau etwa 3—6 v. H. Kobaltoxyd, für Bunzlauer Braun 5 v. H. Eisenoxyd nebst 0,5—1 v. H. Rutil, für Chromgrün etwa 1—1,5 v. H. Chromoxyd, für Manganbraun etwa 5 v. H. Manganoxyd, für Grau 1—3 v.H. Nickeloxyd usw. Die schönsten Färbungen werden indessen durch Mischung jener Grundglasuren in den allerverschiedensten Verhältnissen unter einander erhalten. So gewinnt man z. B. bei der Mischung von Kobaltblau und Chromgrün alle Abwandlungen zwischen Blau und Grün. Chromgrün mit Eisenoxydbraun liefert alle Abtstufungen von Dunkelbraun u. dergl. Auch für sich keine oder nur unbedeutende Farbtöne liefernde Metalloxyde in den Glasuren können mit anderen, kräftiger färbenden vermengt, recht angenehme Wirkungen hervorrufen, so z. B. das Zinnoxyd sowie die Wolfram- und die Molybdänsäure, desgleichen das Titandioxyd. Letzteres ruft, in größerer Menge (5—10 v. H.) zugesetzt, nicht selten durch Herbeiführung von kristallinischen Ausscheidungen matte Wirkungen hervor. —

Von allen diesen Glasuren, welche in der Regel zum Ueberzug des ganzen Gefäßes dienen, wird, wie bei den farblosen, verlangt,

daß sie zwar gut durchschmelzen, aber nicht so flüssig werden, daß sie, der Schwerkraft gehorchend, nach unten hin zusammenfließen, Wülste bilden oder gar ablaufen und das Gefäß an der Unterlage festbacken lassen.

Hat man, um einen bestimmten Farbton zu erreichen, die Menge der zuzusetzenden Metalloxyde festgestellt, so hindert nichts, sie in die Segerformel endgültig einzurechnen. Bezüglich des Verfahrens bei der Berechnung der Glasurversätze vergl. des Verf. Ker. Rechn. III, S. 67.

b) Mit Fritten versetzte, sogen. Lauf- oder Ueberlaufglasuren.

α) Amorphe. Bei weitem die schönsten farbigen Ueberzüge werden erhalten, wenn man mit färbenden Metalloxyden versetzte Glasurmischungen anwendet, von denen ein größerer Bestandteil aus sogen. Fritte, d. h. bereits vorgeschmolzenem und gepulvertem Glase besteht. Man kann hierzu beliebige, am besten die zu den weiter unten beschriebenen Steingutglasuren verwendeten Fritten benutzen. Ein etwaiger Blei- oder Zinkoxydgehalt derartiger Fritten hindert in diesem Falle nicht nur nicht, sondern wirkt im Gegenteil auf die Entwicklung der Farbe äußerst fördernd.

Je nachdem die Glasuren in einer Muffel bei kurzer oder in einem größeren Ofen bei langandauernder Hitzewirkung aufgeschmolzen werden sollen, versetzt man eine passende Steinzeugglasur, wie sie weiter oben beschrieben wurden, mit mehr oder weniger Fritte. Die Menge der letzteren richtet sich überdies auch nach der Art des angewandten Metalloxyds, ob es seine schönsten Farbwirkungen bei niedriger oder höherer Temperatur zu entwickeln pflegt. Außerdem kommt es auf die Glasur und die angewandte Fritte selber an, ob sie beide streng oder leichtflüssig sind, oder eine von beiden der einen oder anderen Beschaffenheit zuneigt. So kann z. B. bei Muffelbrand die Gewichtsmenge der Fritte diejenige der Steinzeugglasur übersteigen, während bei Ofenbrand leicht das Umgekehrte platzgreift.

Eine bedeutende Rolle bei diesen Glasuren spielen von jeher ganz bestimmte Metalloxyde, wie z. B. das Silberoxyd, das Kupferoxydul, in neuerer Zeit das Titandioxyd, in gewissem Sinn auch die Wolfram- und die Molybdänsäure. Das Silberoxyd z. B. löst sich in oxydierender Muffelatmosphäre klar im Glase auf, scheidet sich aber, sofern reduzierende Gase auf die noch eben glühende Glasuroberfläche wirken, zum Teil wieder aus, um dann in allen Regenbogenfarben spielende, echte, d. h. lichtwiderständige sog. Lüster hervorzurufen. Etwas ganz Aehnliches geschieht beim Kupferoxyd,

aber nur bei geeigneter Zusammensetzung der Glasurmischung. Das Gefäß wird dadurch mehr oder weniger zinnoberrot gefärbt. Bemerkt mag noch werden, daß in beiden Fällen nur Metalloxydmengen noch unter 1 v. H. die erwähnten Erscheinungen hervorbringen, namentlich gilt das vom Kupferoxydul. Die Einverleibung erfolgt beim Silber in der Form des Karbonats, beim Kupfer in derjenigen des Oxyds.

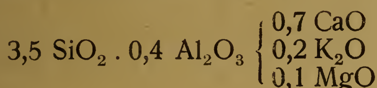
Das Titandioxyd ruft, namentlich zusammen mit Eisenoxyd, besser noch mit Gemischen von Eisenoxyd und -oxydul, wie sie z. B. in gewissen Eruptivgesteinen, besonders dem Grünstein vorhanden sind, eigenartige Farbenspiele hervor, die wahrscheinlich dadurch zustande kommen, daß ein Teil des Titandioxyds zu Titansesquioxyd, welches die Glasflüsse blau färbt, reduziert wird. Auch größere Mengen von Zinkoxyd sind imstande, dieses eigenartige, tiefe Blau, welches zusammen mit Eisenoxyd nur zu violetten Tönen führt, hervorzurufen. Will man ihm auch bei den eisenoxydhaltigen Glasuren zur Erscheinung verhelfen, so kann das durch Reduktionswirkungen, wie sie weiter oben erwähnt wurden, auf die noch rotglühende Glasur leicht herbeigeführt werden. Die Anwendung von Molybdän- und Wolframverbindungen neben Rutil führt nicht selten zur Ausscheidung eigenartiger, von Lüsterfarben umgebener Kristallgebilde, welche einen hohen Reiz ausüben. — Durch Verknüpfung dieser mit anderen Erscheinungen können ganze Reihen von reizvollen Glasurwirkungen herbeigeführt werden.

β) Kristallinische Laufglasuren. Zu kristallinischen Ausscheidungen, welche bis zur teilweisen oder vollkommenen Entglasung der Glasurschicht führen können, neigen insbesondere die neutralen Glasurmischungen, in welchen Säure und Basis in dem dem Metallsilikat entsprechenden Verhältnis 1 : 1 vorkommen. Die Ausscheidungen sind entweder so feinkörnig, daß sie nur in Dünnschliffen unter dem Mikroskop wahrgenommen werden können oder sie erreichen eine Größe, daß man ihre Form auch mit bloßem Auge annähernd festzustellen vermag. — Diese Mattglasuren sind wohl zu unterscheiden von solchen, welche nur deshalb matt sind, weil die Temperatur nicht ausreichte, um sie in vollkommenen Fluß zu bringen. Letztere fühlen sich stets rauh an. Es ist im Gegenteil erforderlich, daß sie vollkommen durchschmelzen und zuweilen sogar ins Fließen geraten. Die Kristallausscheidung beginnt dann erst während des Abkühlens. Ihr Schmelzpunkt muß daher nicht nur dem Hitzegrad, sondern auch der Dauer der Hitzewirkung angepaßt werden, denn wenn sie bei hoher Temperatur zu lange mit dem Scherben in Berührung sind, werden Stoffe aus diesem aufgelöst und einverleibt, insbesondere Kieselsäure, wodurch

die Säuerungsstufe sich ändert und die Fähigkeit zur Kristallausscheidung verloren geht.

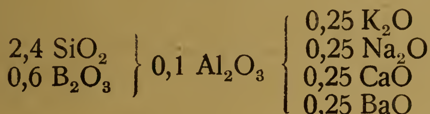
Die kristallinischen Mattglasuren, welche übrigens meist stark spannend auf den Scherben wirken, daher dünnwandige Gefäße leicht zersprengen, können durch Zusatz geringer Mengen von färbenden Metalloxyden mit oder ohne Rutilbeigaben mannigfach gefärbt werden, wodurch mancherlei sehr angenehme Wirkungen zustande kommen.

Gröbere, mit bloßem Auge wahrnehmbare kristallinische Ausscheidungen bei meist nicht vollständiger Entglasung kann man besonders bei Anwendung erheblicher Mengen von Eisenoxyd, Kobalt- oder Manganoxyd oder Mischung von den dreien in leichtflüssigen Steinzeugglasuren wie z. B.



$$3{,}5\ SiO_2 \cdot 0{,}4\ Al_2O_3 \left\{ \begin{array}{l} 0{,}7\ CaO \\ 0{,}2\ K_2O \\ 0{,}1\ MgO \end{array} \right.$$

oder auch in sogen. bleifreien Steingutglasuren (S. w. u.) erhalten. (Näheres in d. V. Bunzl. Feinst., Sprechs. 1910, Nr. 1—4) Was die letzteren, wie z. B. die von Seger beschriebene Barytglasur:



$$\left. \begin{array}{l} 2{,}4\ SiO_2 \\ 0{,}6\ B_2O_3 \end{array} \right\} 0{,}1\ Al_2O_3 \left\{ \begin{array}{l} 0{,}25\ K_2O \\ 0{,}25\ Na_2O \\ 0{,}25\ CaO \\ 0{,}25\ BaO \end{array} \right.$$

anlangt, so entwickelt diese, mit etwa 30 v. H. an Eisenoxydhydrat versetzt, nur dann große, im Aussehen an geschliffenen, nicht zu grobkörnigen Granit erinnernde Kristalle, wenn die Glasur dem Zutritt der Flammengase ausgesetzt war. Im anderen Fall erscheint ein zusammenhängender, braungefärbter, glänzender Ueberzug, welcher sich erst dann mit äußerst feinen goldig flimmernden Kriställchen erfüllt zeigt, wenn man das fertige Gefäß noch einmal mit einer dünnen Schicht einer 1—2 v. H. Kupferoxyd enthaltenden Steingutglasur überzieht und in der Muffel auf etwa Kegel 04a erhitzt. Es ist das die bekannte Wirkung der Rookwoodglasuren.

γ) K r i s t a l l g l a s u r e n : Die eigentlichen Kristallglasuren unterscheiden sich von den kristallinischen nur insofern, als die Kristallausscheidung vollkommener erfolgt, wobei die einzelnen Bildungen zur besseren Entwicklung gelangen. Es sind zumeist sternförmige Gebilde, die von einem Mittelpunkt ausstrahlen und, sofern sie sich nicht gegenseitig behindern, ganz erhebliche Abmessungen annehmen können. Alle diese Kristallglasuren haben, neben dem normalen oder basischen Charakter, die gemeinsame

Eigenschaft, daß sie im Feuer außerordentlich dünnflüssig werden, worauf wohl auch die Ursache der besseren Ausbildung der Einzelkristalle zurückzuführen ist. Man findet diese Erscheinung besonders stark ausgeprägt bei den basischen Silikaten des Zinkoxyds, bei denen sich das Verhältnis der Basen zur Kieselsäure annähernd wie 2 : 1 verhält, bei einem gleichzeitigen Minimalgehalt an den Oxyden vom Typus R_2O_3, von denen jedoch das Borsäureanhydrid, falls es nicht in sehr großer Menge auftritt, ausgenommen ist. Weniger empfindlich gegen Tonerde sind schöne Kristallglasuren, welche der Anwesenheit größerer Mengen von Titansäureanhydrid (Rutil) ihr Dasein verdanken. Beigaben von 10—15 v. H. an Rutil zu Steingutglasuren, welche nicht allzu strengflüssig und nicht zu reich an Tonerde sind, rufen fast ausnahmslos Kristallbildung hervor, indessen meist in der Form der Mattglasuren. Größere und schöne Kristallbildungen werden erst bei gleichzeitiger Anwesenheit von etwa je 6 v.H. an Kupfer- oder Manganoxyd oder bei Gegenwart beider je zur Hälfte erreicht. Ueberhaupt genießen die farbigen Kristallglasuren vor den ungefärbten zumeist den Vorzug; auch sind die letzteren leichter zu erhalten, insbesondere auch bei den Zinksilikaten. Während bei den Titansäurekristallglasuren die Färbung sich fast ganz auf die durch das Kupfer- bezw. das Manganoxyd hervorzurufenden Farben beschränkt, spielen bei den Zinksilikaten auch diejenigen Färbungen, welche, außer durch die beiden genannten Oxyde, durch das Kobalt-, Nickel- und Uranoxyd gebildet werden, eine bedeutende Rolle. Bemerkenswert ist, daß die rötlichbraunen, nickeloxydhaltigen Schmelzflüsse kornblumenblaue Kristallsterne liefern, was wohl zutreffend auf einen stets vorhandenen geringen Kobaltgehalt des Nickeloxyds zurückzuführen ist, weil die blaue Farbe bei annähernd reinem Nickeloxyd zurückgeht und bei den erhältlich reinsten Marken verschwindet.

Um z. B. bei der Verzierung von Platten Kristallsterne an ganz bestimmten Stellen und in gewünschter Farbe anzubringen, bedient man sich tonerdefreier, aber zinkoxydreicher Alkalizinksilikate, in welchen sich das Verhältnis der Kieselsäure- zu den Basiswertigkeiten etwa wie 3 : 2 stellt, mit Beigaben von färbendem Metalloxyd von 5 bis zu 12 v.H. Von den eingeschmolzenen farbigen Fritten werden grobe Splitter auf der ebenfalls zinkoxydreichen Grundglasur in der gewünschten Weise befestigt und mit dieser verschmolzen. An der Stelle der Splitter pflegen dann schöne Kristallsterne in der beabsichtigten Reihenfolge und Farbe zu erscheinen. (Näheres über Titankristallglasuren in des Verf. „Meine Erfahrungen mit Kristallglasuren", Sprechsaal 1908, Nr. 36—38.)

Neigung zur Bildung von Kristallglasuren zeigen außerdem die neutralen oder basischen Alkalidoppelsilikate des Kobalts und des

Mangans, indessen sind diese in praktischer Verwendung kaum in die Erscheinung getreten. Fast das gleiche gilt von denen des Wolframs und des Molybdäns.

Erwähnt mag noch werden, daß schöne Kristallglasuren auch durch Verbindungen von Titankristallglasuren mit solchen von Zink erhalten werden können und daß zuweilen ganz winzige Zusätze von insbesondere Vanadinsäure, auch Wolfram- und Molybdänsäure zu den Titandioxydkristallglasuren die Kristallausscheidungen recht wesentlich begünstigen.

Sehr annehmbare Abwechselungen im Farbenspiel der Vanadinkristallglasuren können durch schwache Reduktionen bei sehr mäßiger Rotglut hervorgerufen werden.

c) Haarrißglasuren.

Diese Zusammenstellungen, welche farblos oder gefärbt sein können, unterscheiden sich von den einfachen Steinzeugglasuren nur dadurch, daß sie nach dem Abkühlen der Gefäße keine zusammenhängende Glashaut bilden, sondern durch ein Netz von feinen sogen. Haarrissen (Craquelé) in lauter kleine und kleinste, von feinen Rissen umgrenzte Inseln zerteilt sind. Läßt man von diesen feinen Rissen färbende Stoffe aufsaugen, so treten die kleinen Inselflächen noch mehr in die Erscheinung und bilden dann eine eigenartige Verzierung des Gefäßes. Zur grauschwarzen Ausfärbung der Risse kann man starke Zuckerlösung, welche vorsichtig und unter Kühlung mit einem gleichen Quantum konzentrierter Schwefelsäure vermischt wird, verwenden. Bei Gegenständen mit saugendem Scherben muß natürlich so sparsame Anwendung der Färbemittel erfolgen, daß sie sich in dem Scherben nicht oder doch nur in geringem Maße verbreiten können. Nach sorgfältigem Abputzen wird bis zum Siedepunkt der Schwefelsäure erhitzt. Dadurch verwandelt sich der Zucker in den Rissen in Kohle, während die Schwefelsäure verdampft.

Zum Blau- oder Rotfärben der Risse verwendet man zweckmäßig konzentrierte Lösungen von Kobaltnitrat bezw. Eisenchlorid in Eisessig, mit denen die Gefäße eingerieben, bei gelinder Wärme getrocknet und ein zweites Mal ebenso behandelt werden. Nach dem Ausglühen erscheinen die Risse beim Kobalt schwarz, beim Eisenchlorid rot gefärbt. Erhitzt man dann das mit Kobaltoxyd behandelte Gefäß bis zum Schmelzen der Glasur, so verschließen sich die feinen Risse, während das Kobaltoxyd mit blauer Farbe in Lösung geht, so daß ihre Lage in Form eines blauen Liniennetzes sichtbar bleibt. An ihrer Stelle erscheinen nach dem Abkühlen neue Spalte, welche dann in anderer Farbe ausgefärbt werden können usw. Zu dieser Arbeit eignen sich nur dichte Scherben.

Die Anwendung dieser Verzierung, insbesondere auf schwachgefärbtem Scherben (Seladon), kommt vorzugsweise bei Gefäßen für Bronzefassungen in Frage.

Die Herstellung der Glasur und das Glasieren.

Die Gewinnung der Steinzeugglasuren ist sehr einfach. Es bedarf lediglich des Zusammenwiegens der berechneten Stoffe und einer möglichst innigen Vermischung. Diese Mischung bildet dann die zur Anwendung fertige Glasur. Im großen wird sie durch Zusammenmahlen der Stoffe in der Naßkugelmühle vorgenommen. Die Mahlung dauert bei Anwendung von bis zu Linsengröße vorzerkleinertem Rohstoff und zweckmäßiger Beschickung der Mahltrommel etwa 20—25 Stunden. Das Mahlgut hat dann ein Sieb von mindestens 5400 Maschen auf dem Quadratzentimeter zu durchsinken. Laboratoriumsproben werden auf einer mattgeschliffenen Glasplatte mit Läufer, nachdem sie in einer Reibschale gehörig vorzerkleinert oder für sich bereits feingemahlen sind, innigst vermischt. In jedem Fall ist darauf zu achten, daß eine Entmischung der Glasur, welche doch aus Stoffen von verschiedenem spezifischen Gewicht zusammengesetzt ist, insbesondere bei Gegenwart bleioxydhaltiger Fritte, unter allen Umständen vermieden wird. Ueberschüssiges Wasser ist also so bald als möglich zu entfernen und der Rückstand vor jedem Glasieren noch einmal gehörig durchzumischen.

Das Glasieren, d. h. das Aufbringen der Glasur kann auf ververschiedene Weise erfolgen. Der Prozeß gestaltet sich sehr einfach, sobald der Scherben, was ja meist zutrifft, porös ist und die Fähigkeit besitzt, Wasser aufzusaugen. Kleinere Gegenstände werden in den Glasurbrei, welcher so eingestellt, d. h. mit Wasser verdünnt ist, daß während des Tauchprozesses das gewünschte Quantum Glasur angesaugt wird, kunstgerecht eingetaucht und alsbald wieder herausgezogen. Nach dem Ansaugen des Wassers findet sich der Körper gleichmäßig mit einer Glasurschicht bedeckt. Bei schwer zu transportierenden Gegenständen oder auch Platten, welche nur auf einer Seite glasiert werden sollen, kommt das Angießverfahren oder Beschütten in Frage und bei noch größeren das Anbrausen oder Anspritzen. Ueberflüssige Anhäufungen von Glasursubstanz sind durch Verputzen zu entfernen. Die Glasurschicht muß so fest auf dem Scherben sitzen, daß dieser beliebig angegriffen werden kann, ohne daß sie dadurch Beschädigungen erleidet.

Die Verzierung des Steinzeugs.

Die Menge der Verzierungsmittel und der Verzierungsarten ist so groß, daß hier nur die allergebräuchlichsten und wichtigsten,

wobei die bildnerischen, welche teils schon in der Form angebracht worden sind, teils frei anmodelliert werden, nur ganz nebenher Erwähnung finden können. Dahin gehören auch die älteren Verfahren zur Ausschmückung des groben, salzglasierten Steinzeugs, so z. B. das Ansetzen von in Stahl- oder Tonformen gepreßtem, erhabenem Zierat und ganzen, reichgeschmückten Bändern, sternförmigen Spiegeln usw., der Schnitt- und Stichzierat in seinen verschiedenen Formen, die Ausschmückung der umlaufenden Ringwülste durch das Rändelrädchen usw.

Die farbige Verzierung beschränkt sich bei dem groben, salzglasierten Steinzeug meist auf die Färbung des Schnittmusters oder desjenigen mit erhabenen Rändern durch Schmalteblau und Manganviolett. Es finden sich indessen auch einfach ausgeführte Malereien von allerlei Schnörkelwerk und Blumen in blauer Farbe.

Ausgiebigste Verzierung erfährt lediglich das glasierte Feinsteinzeug teils in der Glasur selber, teils unter und teils über ihr. Die erstere Verzierungsart beschränkt sich auf die Glasureinlage. Kunstgerechte Aussparungen in der starren Grundglasur werden mit andersfarbigen Glasuren ausgefüllt und mit ihr verschmolzen.

Die Verzierungen unter der Glasur erfolgen entweder mit Hülfe sogen. Begüsse oder Engoben oder durch Unterglasurmalerei. Begüsse sind farbige Massen, welche den Steinzeugkörper gleich einer Glasurschicht umgeben und auch wie eine solche aufgebracht werden. Dabei können verzierende Aussparungen mit andersfarbigen Begüssen ausgefüllt, diese z. T. über einander angebracht, mit Radierungen versehen, mit Porzellanmasse usw. übermalt werden. Auch das Malhorn kann hier ausgiebige Verwendung finden. Eine andere Art der Unterglasurverzierung ist die farbige Bemalung mit Unterglasurfarben. Zu diesen letzteren haben sich in neuerer Zeit die Lösungsfarben gesellt. Erstere sind pulverförmig. Sie bestehen entweder aus den reinen, färbenden Oxyden, wie Kobalt- und Chromoxyd oder aus Mischungen davon oder besser aus Verdünnungen dieser Oxyde mit Tonerde oder mit Tonerde und Zinkoxyd. (Siehe weiter unten bei „Unterglasurfarben".) Diese Farben werden im feingeriebenen Zustande mit Wasser oder mit Wasser und etwas Glyzerin auf den vorgeglühten Scherben kunstgerecht aufgetragen und zumeist unverglüht, besser nach dem Ausglühen, überglasiert.

Die Lösungsfarben bestehen aus Auflösungen von Nitraten, Chloriden oder auch Sulfaten der färbenden Metalloxyde in Glyzerin, Gummi arabicum, Dextrin, Zuckerlösung usw. in gesättigster Form. Sie dienen zumeist zum Ausmalen von durch feine Radierung begrenzten oder auch dadurch zeichnerisch gegliederten Flächen, treten erst nach dem Ausglühen in die Erscheinung und zeigen nur

hauchartige, blasse Töne. Kräftigere Wirkungen können durch nochmalige oder noch mehrfache Uebermalung erreicht werden, ebenso teilweise Uebertragung der einen mit der anderen Farbe. Jedesmal muß aber eine Zerstörung der vorher aufgetragenen Farbflüssigkeit durch starkes Erhitzen des Scherbens erfolgt sein. Näheres weiter unten.

Die Ueberglasurverzierung erfolgt ausnahmslos auf dem bereits fertig gebrannten Scherben. Sie gliedert sich in eine solche, welche fühlbar erhaben über der Fläche steht und solche, welche sich dieser lediglich anpaßt. Man bezeichnet die erstere als Email-, die zweite als Farbenverzierung.

Die erstere anlangend ist zu bemerken, daß unter Email, abgesehen von der weiter oben beschriebenen Schmelzglasur, zähflüssige, klare, farblose oder mehr oder weniger stark gefärbte (transparente) oder auch getrübte (opake), aber ebenfalls mannigfach gefärbte feingepulverte Gläser verstanden werden, welche im mäßigen Feuer zwar vollkommen durchschmelzen, aber wegen ihrer Zähflüssigkeit die ihnen vom Maler beim Auftragen gegebene Form nicht oder nicht wesentlich verändern und somit eine erhaben stehende Verzierung bilden. Diese Emails werden daher nicht so sehr zur Bedeckung größerer Flächen als zur Ausführung feiner Ornamente in Punkt- und Strichmanier verwendet. Zur Ausfüllung kleinerer Flächen gelangen sie zumeist nur unter Mitwirkung der schon erwähnten Farben für die Flächenverzierung zur Anwendung.

Für Feinsteinzeug geeignete Emails sind verhältnismäßig leicht dadurch zu gewinnen, daß man Mischungen von Steingut- und Feinsteinzeugglasuren in einem solchen Verhältnis darstellt, daß der zutreffende Erweichungspunkt, als welcher bei Ueberglasurverzierungen die Gegend zwischen Kegel 010a und 08a anzusehen ist, erreicht wird. Um gut durchschmelzende, klare, hinreichend leichtflüssige Gläser zu erhalten, ist es zweckmäßig, die Mischung vorerst im Tiegel einzuschmelzen und erst das gepulverte Glas als Email zu verwenden. Vermischt man bei dieser Gelegenheit den Versatz mit färbenden Metalloxyden in größerer oder geringerer Menge, so erhält man farbige Emails, welche mit farblosen beliebig verdünnt oder auch miteinander zur Gewinnung weiterer Farbtöne vermischt werden können. (Näheres unter Verzierungsmittel.)

Die pulverförmigen Emails werden gewöhnlich mit Terpentin- und wenig Dicköl malgerecht angemacht und mit einem Stäbchen (bei Punkten und kurzen Strichen) oder mit einem geeigneten steifen Pinsel mehr aufgelegt als aufgestrichen. Aus dem Oel entsteht viel Kohle, welche eingeschlossen bei leichtschmelzenden Emails meist

starkes Aufblähen verursacht. Besser ist daher, die Emails, statt mit Oel, mit ca. 10 v. H. fetten Meißener Steinguttons innigst zu verreiben und als Malmittel lediglich Wasser, allenfalls mit wenig Glyzerin untermischt, zu verwenden. Vorsichtiges und langsames Anfeuern bei reichlichem Luftzutritt zur Muffel ist bei Oelanwendung unbedingtes Erfordernis und bei Anwendung anderer Malmittel nicht schädlich.

Brauchbare Emails können ferner erhalten werden durch Einführung reichlicher Mengen an Borsäure in die gewöhnlichen Steinzeugglasuren, wodurch diese, bei hoher Temperatur eingeschmolzen, einen stark erniedrigten Erweichungspunkt und sehr beträchtliche Zähflüssigkeit erlangen; jedoch wird auch von diesen beim Porzellan weiter unten die Rede sein.

Die Ueberglasurfarben sind die nämlichen, welcher man sich beim Porzellan bedient, weshalb sie besser erst bei diesem im Zusammenhang zur Abhandlung kommen. Zu ihnen gehört auch die Vergoldung. Alle diese Farben, einschließlich des Goldschmukkes werden im feinst gepulverten Zustande mit Terpentin- und wenig Dicköl als Malmittel angerieben und aufgestrichen.

Das Brennen des Steinzeugs.

Das Brennen des Steinzeugs, des groben wie des feinen, bedarf wegen seines feinporigen Gefüges der allergrößten Aufmerksamkeit, insbesondere dann, wenn es im unverglühten Zustande engobiert, glasiert und in einem Feuer gutgebrannt werden soll. Es kann sogar ohne weiteres behauptet werden, daß der Steinzeugbrand denjenigen aller übrigen keramischen Erzeugnisse in Bezug auf die Schwierigkeit seiner Durchführung übertrifft. Am nächsten kommt ihm in dieser Hinsicht der Porzellanbrand, welcher indessen durch den ihm vorangehenden Verglühbrand stark vereinfacht wird und dadurch viel von den Gefahren des Mißlingens einbüßt.

Während des Anheizens des Ofens — vorausgesetzt ist die Besetzung mit unverglühter Ware, mag sie nun eingekapselt sein oder nicht — lagern sich auf dem kalten Ofeninhalt große Massen von Destillationsprodukten, Ruß u. dergl. ab, und zwar nicht bloß auf der Oberfläche, sondern auch im Innern der Poren. Dazu kommt derjenige Kohlenstoff, welcher aus den jedem Ton beigemengten pflanzlichen Resten beim Erhitzen dieser hinterbleibt. Beim allmählichen Ansteigen der Temperatur beginnt ebenso allmählich die Entwicklung von Wasserdampf aus der Tonsubstanz, so daß jeder Gegenstand nicht nur mit einer Hülle von Wasserdampf stets umgeben ist, sondern wegen der kräftigen Verdunstung auch kälter bleibt, als die ihn umhüllenden Flammengase. Das befördert nicht

nur die weitere Ablagerung von Ruß und Destillationsprodukten auf seiner Oberfläche und in den oberen Schichten des Scherbens, sondern verhindert auch den Zutritt des Luftsauerstoffes gänzlich. Erst beim Aufhören der Wasserdampfentwicklung, was bei dickscherbigen Gegenständen u. U. erst jenseits Kegel 07a geschieht, kann der Zutritt des Sauerstoffs, mithin Verbrennung des Kohlenstoffs auf der Oberfläche und allmählich auch in den tieferen Schichten des Scherbens vor sich gehen. Das macht aber gerade in diesem Abschnitt die Gegenwart von viel Sauerstoff erforderlich, mithin muß, weil das Verbrennen des Kohlenstoffs auch in der Tiefe des Scherbens Zeit erfordert, in der Gegend des Niederganges von Kegel 07a bis 02a eine gründliche Durchlüftung des Ofens ohne Rücksicht auf das Fortschreiten der Temperatur stattfinden. Ist das geschehen, dann ist es gleichgültig, ob der Brand mit oxydierender oder reduzierender Ofenluft zu Ende geführt wird. Kohlenstoff lagert sich in diesem Abschnitt auf den Gegenständen, welche nunmehr die gleiche Temperatur wie die Ofenatmosphäre angenommen haben, nicht mehr ab. Die steigende Hitze hat infolgedessen nur noch den Zweck, die Gare herbeizuführen, d. h. den Schluß der Poren zu bewirken. Nur bei eisenhaltigen Tonen wird reduzierende Ofenluft Reduktion des Eisenoxyds bewirken, oxydierende wird es bei hohen Hitzegraden in Eisenoxyduloxyd überführen. Im ersteren Fall wird man bei langsamer Kühlung in sauerstoffhaltiger Ofenluft schöne braune Färbungen (Bunzlauer Braungeschirr), im anderen nur braunschwarze oder braunschwarz gesprenkelte Ware erhalten. —

Ist eine Verbrennung des eingelagerten Kohlenstoffs während der erwähnten Zeit nicht vor sich gegangen, so schließen die sich mehr und mehr verengernden Poren den Kohlenstoff mit ein. Bleibt die Ofenluft bis zu Schluß des Brandes reduzierend, und wird u. U. auch noch unter reduzierendem Einfluß gekühlt, dann bleibt die Ware unbehelligt, nur sieht sie auf dem Bruch mehr oder weniger graphitartig schwarz aus, und auch die Glasur ist trübe und dumpf. Derartiges Steinzeug wird, weil es das bisher verhältnismäßig dichteste war, gleichwohl gern gekauft.

Eine derartige Leitung des Brandes gehört aber zu den Ausnahmen und ist außerdem kostspielig. Gewöhnlich wechseln reduzierende und oxydierende Einflüsse miteinander ab. Ist dann eingeschlossener Kohlenstoff vorhanden, so tritt bei starkem oxydierendem Einfluß, auch im bereits vorgeschrittenen Abschnitt des Brandes unbedingt Oxydation des Porenkohlenstoffs ein. Die u. U. plötzliche Verwandlung des wenig Raum einnehmenden Kohlenstoffs in gasförmiges, noch dazu erhitztes Kohlendioxyd bewirkt dann unbedingt eine Auftreibung des schon zäh gewordenen Scher-

bens, was seine Dichte natürlich überaus schädlich beeinflußt. Die Auftreibung kann unter Umständen so weit gehen, daß Blasen von mehreren Zentimetern Durchmesser entstehen. Näheres in „Bunzlauer Feinsteinzeug“ und „Ueber die Vorgänge beim Brennen“, Sprechs. 1910 und 1919.

Es ist selbstverständlich, daß die Art des Einsatzes und die Bauart des Ofens auf das Gelingen der Brände einen großen Einfluß ausüben. Zu dichter Einsatz mindert den Zug und sog. tote Räume, welche vom Zug wenig oder gar nicht berührt werden, ermangeln der geregelten Sauerstoffzufuhr.

Die Einführung des Salzes bei der Anwendung von Anfluglasuren geschieht kurz vor der Gare der Ware bei möglichst lebhafter Flammenentwicklung. Es ist möglich, daß die reduzierende Wirkung des Kohlenstoffs oder des Kohlenoxyds im Verein mit dem bei lebhafter Verbrennung sich bildenden Wasserdampf dem Zerfall des Kochsalzmoleküls Vorschub leistet. Je nach dem Gehalt der Steinzeugmasse an feinst verteilter Kieselsäure in Form feinen Sandes bildet sich die Salzglasur leicht oder schwer und danach richtet sich die Menge des anzuwendenden Kochsalzes, welche im allgemeinen 2 kg für 1 cbm Ofenraum beträgt. Der Einwurf des Salzes geschieht direkt in den erwähnten Raum durch Oeffnungen im Gewölbe oder in die Feuerungen, oder man benutzt beide Gelegenheiten zugleich.

Die Steinzeugbrände werden mit Vorliebe in sogen. Kasseler Oefen ausgeführt, indessen beruht das wohl nur auf alter Gewohnheit, denn es können ebensogut Rundöfen, Gaskammeröfen und sonstige Systeme für fortgesetzten Betrieb in Anwendung kommen.

Feine, glasierte und verzierte Steinzeugware erfordert selbstverständlich, wie beim Porzellan, Kapseleinsatz, um sie vor Verunreinigung durch Flugstaub und Flugasche zu schützen. Das grobe Steinzeug dagegen wird, schon wegen des Salzglasierverfahrens, frei eingesetzt. Man türmt in diesem letzteren Fall die Stücke übereinander oder stellt sie auf Platten, welche ihrerseits von Stützen getragen werden, sofern die Einzelstücke sich selbst nicht ohne Schaden zu tragen vermögen.

Das Kühlen.

Vorsichtiges Abkühlen der fertig gebrannten Ware wird meist aus dem Grunde vorgenommen, um ihrem etwaigen Zerspringen vorzubeugen. Dem gegenüber ist zu bemerken, daß, solange sie sich in stark rotglühendem, also zähem Zustande befindet, die Fähigkeit zum Zerspringen, auch bei vorhandener Spannung, überhaupt nicht vorhanden ist. Diese tritt erst beim Uebergang aus dem

zähen zum starren Zustande, also beim Verschwinden der leuchtenden Glut ein. Dann erst ist sorgfältiges Kühlen geboten.

Bei der Gewinnung des Bunzlauer Braungeschirres und sonstiger eisenoxydhaltiger Waren, bei denen auf eine schöne braune Oberflächenfarbe Gewicht gelegt wird, empfiehlt es sich allerdings, gleich von vornherein, langsam zu kühlen, um dem Oxydationsprozeß hinreichende Zeit zur Entwicklung zu lassen. Dabei wird dann freilich oft der Fehler der zu frühen Oeffnung gleich nach dem Verschwinden der Rotglut gemacht, wodurch viel Bruch durch sog. „Kuhlen“ herbeigeführt wird.

Im übrigen kann aber als Regel gelten, daß fehlerfrei geformte und mit passender Glasur versehene Ware, die also frei von inneren Spannungen, sei es im Scherben selbst, sei es zwischen Scherben und Glasur, ist, auch eine ziemlich rücksichtslose Behandlung beim Kühlen sich gefallen läßt. Viel Bruch bei dieser Behandlung ist immer ein Beweis, daß man bei der Herstellung der Stücke Fehler beging oder daß die Glasur nicht zum Scherben passend gewählt wurde.

III. Das Steingut.

Allgemeines.

Während das Feinsteinzeug nur in seiner feinsten, glasierten Form der Feinkeramik zugezählt wird, hat das weiße Steingut in allen seinen Abstufungen von jeher diesen Rang beansprucht und wegen seiner weißen Farbe, welche nur von den besseren Tonrohstoffen hergegeben wird, auch stets zugebilligt erhalten. Es ging aus den Versuchen zur Nachahmung des ostasiatischen Porzellans hervor und ist angeblich englischen Ursprungs. Weil es der echten Fayence ähnlich sah, legte man ihm alsbald diesen Namen bei, obwohl es strenggenommen ebensowenig Anspruch darauf hatte, wie die italienischen Fayencen des fünfzehnten Jahrhunderts auf den Namen „Majolika“, den sie tatsächlich führen. In der Gegenwart pflegt man auch noch das farbig glasierte Steingut mit dem Namen „Majolika“ zu bezeichnen.

Als Rohstoffe für die Steingutmasse können also nur weißbrennende, d. h. die Porzellanerden oder Kaoline und die eisenoxydfreien fetten Tone, desgleichen ebenso beschaffene Zusatzstoffe in Frage kommen. Zu den letzteren gehören wesentlich Quarz, Feldspat und Kalkspat. Als Quarzrohstoff findet in England und in allen nach englischem Muster arbeitenden Fabriken mit Vorliebe Feuerstein Verwendung, während der Kalkspat in der Form von Kreide eingeführt zu werden pflegt. Damit ist indessen nicht gesagt, daß nicht auch andere Stoffe, wie gemahlener Felsquarz oder Quarzsand, Quarzspat oder irgend ein anderes Kalkmineral, Kalk-

oder Tonmergel — die erforderliche Reinheit vorausgesetzt — an dem Fabrikationsprozeß teilnehmen können. Mit der ziemlich ausgiebigen Verwendung von fetten, weißbrennenden Tonen neben Kaolin zur Herstellung von Steingut wird ein doppelter Zweck verfolgt. Einmal soll dadurch eine möglichst bildsame, die Herstellung von Massenware begünstigende Arbeitsmasse, andrerseits aber auch ein feinporiger, klingender, die Glasur haarrissefrei tragender Scherben gewonnen werden, während der Kaolinzusatz wesentlich die weiße Farbe zu verbürgen hat. Durch Kalkbeigabe zur Masse wird ebenfalls ein doppelter Zweck erreicht. Wegen der Eigenschaft des Calciumoxyds, auf nicht zu große Mengen Eisenoxyd entfärbend einzuwirken, ist man in den Stand gesetzt, auch solche Tone, die bei reinem Feldspatsteingut wegen ihrer färbenden Eigenschaften nicht mehr in Frage kommen würden, zu verwenden, andrerseits wird durch Kalkzusatz die Brennhitze nicht unerheblich herabgesetzt, also eine Verbilligung des Fabrikationsprozesses herbeigeführt. Dieser letztere Umstand namentlich ist es gewesen, welcher dahin führte, von der Verwendung des teueren Feldspates zugunsten des Kalkspates oder der Kreide überhaupt abzusehen und als Flußmittel (d. h. in Verbindung mit dem Ton) ausschließlich Kalkspat zu verwenden. Dadurch zerfällt das Steingut in zwei große Gruppen, in das gewöhnliche, billige Kalk- und das edlere und gediegenere Feldspatsteingut. Als dritte, nicht selbständige Gruppe kann eine Mischung zwischen beiden, welche man mit Kalk-Feldspatsteingut bezeichnen könnte, angesehen werden.

A. Gewöhnliches Kalksteingut.

Die gebräuchlichsten Rohstoffe sind vorzugsweise diejenigen Kaoline, welche für die Porzellanfabrikation erst in zweiter oder dritter Linie in Frage kommen, sodann fette, eisenoxydarme Tone, Quarz- und Kalkspat oder Kreide. Letztere kann zuweilen auch durch geeignete, d. h. eisenoxydarme Mergel, welche letzteren zuweilen auch nennenswerte Mengen an Magnesiumoxyd enthalten (sogen. dolomitische Mergel), ersetzt werden. Von bewährten Kaolinen kommen in erster Linie die Halleschen, insbesondere die Dölauer Marken in Betracht. Zuweilen tritt der Kaolingehalt auch sehr zurück, ja fehlt nicht selten ganz. Geeignete fette Tone sind nicht selten. Verbreitet sind z. B. die böhmischen und mährischen, die Libuschiner, Saazer (Lischwitz), Putschiner, Wildsteiner, Flöhauer, ferner die von Blansko und Briesen, endlich die deutschen Marken von Bennstedt, Großalmerode, Elsterwerda (Grödener Tonerde), Vallendar, Meißen u. a. Als Quarzrohstoffe kommen Felsquarz, Feuerstein und Quarzsand in Frage, selbstverständlich im feinstgepulverten Zustande.

Die einfachste Art der Masseherstellung im großen geschieht dadurch, daß man die abgewogenen bildsamen Rohstoffe in geeigneten Quirlen aufschlämmt und dann in einem zweiten sog. Mischquirl, in welchem die Zusätze an Schlämmkreide und feingemahlenem Quarz gleichfalls im Wasser fein verteilt sind, die eigentliche Massemischung vornimmt. Das Ganze geht dann durch einen umlaufenden Siebzylinder oder auch über ein Schüttelsieb, welche die Trübe durchlassen und etwaige grobe Beimengungen zurückhalten. In der unter dem Schüttelsieb liegenden, die Trübe aufnehmenden Grube wird durch ein Rührwerk etwaiger Entmischung vorgebeugt. Aus diesem Behälter werden die Filterpressen gespeist. Auf dem Wege vom Mischquirl zum Schüttelsieb pflegt die Masse noch über einen Elektromagneten zu fließen, welcher sie von etwaigen beigemengten Bröckchen metallischen Eisens befreit.

Anstelle der beiden offenen Quirle kann auch ein einziger, geschlossener zur Verwendung kommen, welchem sämtliche Gemengteile auf einmal einverleibt werden.

Werden die Tone naß verarbeitet, so daß eine Bestimmung des Trockengehalts des Breies stattfinden muß, so kann man sich hierzu eines der in des Verf. Ker. Rechn. III, S. 138 angegebenen Verfahren bedienen.

Die vollkommenste Mischung kann selbstverständlich nur in der Kugelmühle vorgenommen werden, weil der Schlämmprozeß nicht entfernt imstande ist, insbesondere feinkörnigen Rohstoff, welcher vorher trocken war, wiederum in den Zustand, welchen er bei seiner Zerkleinerung auf der Mühle oder den er beim Schlämmprozeß im grubenfeuchten Zustande erlangt hatte, zurückzuführen. Brauchbarer Massebrei muß ein Sieb von mindestens 5400 Maschen auf dem Quadratzentimeter, ohne einen Rückstand zu hinterlassen, durchlaufen.

Bei Versuchen im Laboratorium hat man sich nach den in der Praxis gegebenen Möglichkeiten zu richten und sich an sie anzulehnen. Die vorsichtig trocken gepulverten, bildsamen Rohstoffe werden mit den dazugehörigen, nicht bildsamen, aber hinreichend feingepulverten in einer Reibschale erst trocken gemengt, dann mit Wasser ohne Reibung zu einem gußfähigen Brei angemacht. Dieser wird durch ein Sieb von etwa 5400 Maschen auf dem Quadratzentimeter durch Rütteln des Siebes getrieben, der Rückstand aber mit möglichst wenig Wasser wiederholt abgewaschen, gesiebt und entfernt. Dieser letztere bildet, vom Feinton befreit, den vorher in dem bildsamen Rohstoff durch Analyse festgestellten Schlämmrückstand, dessen Gegenwart bei der Berechnung des Masseversatzes selbstverständlich in Rücksicht gezogen werden mußte. (Vergl. Ker. Rechn. III, S. 125 ff.) Die Trübe, welche

wegen der drohenden Entmischung nicht übermäßig verdünnt sein darf, wird durch das gereinigte Sieb nochmals gesiebt, alsdann nach einer vorgenommenen Gießprobe auf einer sauberen Gipsplatte vom Wasser befreit, masserecht gemacht und, wie weiter oben angegeben, zu Probekörpern verarbeitet. —

Die rationelle Zusammensetzung der Kalksteingutmassen schwankt in ziemlich weiten Grenzen, doch kann man als mittlere diejenige nach dem Schema

50	Tonsubstanz
35	Quarz
15	Kreide
100	

als ungefähre Norm annehmen, weil es besonders auch noch darauf ankommt, ob die übrigen angewandten Rohstoffe noch mehr oder weniger flußmittelhaltig sind oder durch bloße Sinterung verdichtend wirken. Die Brenntemperatur beträgt höchstens Kegel 4. Der Scherben ist gelblichweiß bis reinweiß oder bläulichweiß. Zur Unterdrückung eines unansehnlichen, schmutzig gelblichen Farbtones pflegt nicht selten eine Färbung der Masse mit geringen Mengen Kobaltoxyd stattzufinden. 0,1—0,2 v. H. Kobaltoxyd, in Form eines löslichen Kobaltsalzes zur Masse hinzugesetzt, sind zur Färbung hinreichend. —

1. Gewöhnliches Gebrauchsgeschirr.

Das Kalksteingut ist dasjenige keramische Erzeugnis, welches den Markt des billigen Gebrauchsgeschirres mit weißem Scherben in erster Linie versorgt und daher in ungeheuren Massen angefertigt wird. Die Herstellung dieser Geschirre erfolgt auf der Schablonendrehscheibe und durch das Gießverfahren. Formarbeit kommt nur noch ausnahmsweise in Betracht.

2. Gewöhnliche Spülwaren.

Zur Ausstattung von Küchen, Bade- und Klosettanlagen, Krankenhäusern usw. mit den erforderlichen Spülgeräten, Abflußvorrichtungen, Wannen, Becken usw. trägt das Kalksteingut in gleicher Weise erheblich bei. Das nämliche gilt von den Fliesen für die Wandbekleidung.

B. Feldspatsteingut.

Die Darstellung der Masse im Großbetriebe wie im Laboratorium vollzieht sich im wesentlichen genau so, wie das beim Kalksteingut bereits erläutert wurde, nur noch behutsamer und unter

noch erheblich ausgedehnterer Sorgfalt bezüglich der Auswahl der Rohstoffe, ihrer Reinigung und ihrer Verarbeitung zur Masse unter Ausschluß jedweder Verunreinigung. Kalkspat kommt bei ihrer Zusammensetzung gar nicht in Frage oder, wenn dies in geringer Menge dennoch der Fall ist, nicht mehr in Form der nie ganz reinen Kreide, sondern in der des gemahlenen Marmors. An Stelle des Kalkspats tritt Feldspat. Die nach englischem Muster betriebenen Fabriken verarbeiten als Quarzrohstoff ausschließlich Feuerstein, angeblich weil sich dieser wegen seines geringen Wassergehaltes beim Erhitzen besser auflockern und durch Mahlen feiner verteilen lasse, als Felsquarz oder Quarzsand. Um größtmögliche Weiße des Scherbens zu erreichen, werden nur ganz bestimmte Arten von Kaolinen und nur ganz erlesene Tone zur Anfertigung der Masse verwendet. Von jeher beliebt sind die Rohstoffe englischer Herkunft, wie China clay und blue ball clay; von deutschen bester Hallescher oder Sächsischer, einige Handelsmarken des Zettlitzer und des Colditzer Kaolins, sodann Meißener Steingutton und einige weißbrennende Tone böhmischer Herkunft. Bei der Zusammensetzung der Masse nach dem erprobten Versatz ist größte Sorgfalt, namentlich bezüglich der Bestimmung des Trockengehaltes der einzelnen, in breiförmigem Zustande zur Abmessung kommenden Rohstoffe unbedingt erforderlich, weil nur so den besonders bei der Steingutfabrikation auftretenden, so äußerst mannigfachen Schwierigkeiten einigermaßen begegnet werden kann. Diese bestehen insbesondere darin, daß diejenige, die Haarrissefreiheit des glasierten Scherbens verbürgende, immer gleichbleibende, klingende Härte und gleichbleibende Weiße des Scherbens bei wechselnder Zusammensetzung nicht immer erreicht wird. Es ist das beim reinen Feldspatsteingut besonders schwierig, weil die Sinterung erst spät bei Hitzegraden zwischen Kegel 9—11 und näher an 11, denn an 9 auftritt. Die erforderliche Härte ist dann erreicht, wenn eine Stahlklinge nicht mehr eindringt, sondern sich abschleift. Geringere Härte kann vollkommenes Haarrissigwerden der sonst harrissefrei haftenden Glasur enweder sogleich oder doch nach einiger Zeit zur Folge haben. Schwachbrand ist indessen, weil die Temperatur in den verschiedenen Teilen des Ofens ungleichmäßig verteilt ist, nicht immer zu vermeiden. Man kann sich gegen diesen, oft bis zu Unerträglichkeit ausartenden Fehler dadurch schützen, daß man nicht nur für stets gleichmäßig zusammengesetzte Masse und strenge Sortierung der geschrühten Ware sorgt, sondern der Masse erforderlichen Falles bei vermindertem Feldspatzusatz auch etwas Kalkspat in Form von (5—10 v. H.) Marmormehl einverleibt. Auf diese Weise erhält man zwar kein reines Feldspatsteingut, aber eine zuverlässigere, nach dem Brennen

stets die erforderliche Sinterung zeigende, klingende Ware, welche, bei gut passender Glasur, das Uebel der gelegentlich auftretenden Glasurrisse ganz vermeiden läßt. — Bei sorgfältiger Auswahl der Rohstoffe erübrigt sich das beim Kalksteingut übliche Blauen der Masse vollkommen.

Als Bild für die mittlere Zusammensetzung des Feldspatsteinguts hat Seger das Schema:

50	Tonsubstanz
45	Quarz
5	Feldspat
100	

angegeben.

1. Feine Gebrauchsware.

Von dieser gilt im wesentlichen das nämliche wie vom Kalksteingut, nur hat sie im allgemeinen größere Ansprüche, als sie an dieses gestellt werden, zu befriedigen und steht demgemäß auch in der Bewertung über jenem. Das Steingut hat sich in dieser Hinsicht mit dem Porzellan in das Erbe der vom Markt verschwundenen Fayence geteilt. Es tritt nicht nur in Weiß, sondern häufiger noch in reich verzierter Form in die Erscheinung.

2. Ziergeräte.

Wegen der verhältnismäßig einfachen Fabrikation des Steinguts und wegen seiner ausgedehnten Verzierungsfähigkeit, desgleichen wegen seiner überaus bildsamen Masse ist es nicht zu verwundern, daß es in ausgiebigster Weise zur Herstellung billiger, aber auch recht kostspieliger Schmuckgeräte verwendet wird, welche an Stelle jener aus Fayence oder Schmelzware getreten sind, obwohl diese Tatsache in geschmacklicher Hinsicht nicht immer einen Fortschritt bedeutet hat.

3. Feine Spülwaren.

Es ist selbstverständlich, daß überall da, wo bei der Ausstattung von Wirtschafts-, Wasch-, Bade- und Bedürfnisanstalten sowie Operationssälen, Laboratorien und dergl. geschmackliche Rücksichten mitzusprechen haben und überhaupt höhere Ansprüche gestellt werden, auch in Hinsicht des Spülgeschirres eine bessere Wahl getroffen und dem Feinsteingut vor dem gewöhnlichen Kalksteingut der Vorzug eingeräumt wird.

Die Grenzen zwischen den einzelnen Gattungen der keramischen Erzeugnisse sind nicht so scharf gezogen, daß nicht Ueber-

gänge möglich wären, die allmählich von dem einen zum anderen hinüberführen. Solche Uebergänge gibt es nicht nur von der Irdenware zum Steingut, sondern auch zum Steinzeug (die einfachsten Erzeugnisse des Kalksteinguts einer- und die Klinkerware, sowie das Braungeschirr andrerseits), sondern auch vom Steingut zum Steinzeug und zum Porzellan.

Fügt man z. B. dem Kalksteingut noch mehr Flußmittel als üblich hinzu oder erhitzt man es etwas stärker, so verdichtet es sich mehr und mehr und nimmt steinzeugartigen Charakter an, auch nähert es sich dann bezüglich der grauen Farbe mehr und mehr dieser Warengattung. Das gleiche gilt vom Feldspatsteingut. Je nach der Vermehrung des Flußmittels erhält man fast oder auch nahezu ganz dichte, mehr oder weniger lichtdurchlässige Scherben, denen man verschiedene Bezeichnungen beigelegt hat, unter welchen, weil diese Erzeugnisse wegen Mangels an färbendem Eisenoxyd weiß oder nahezu weiß bleiben, der Name Halbporzellan der gebräuchlichste ist, während die Namen Hartsteingut, Iron stone china, granite usw. nur mehr die scharfgebrannten, also in der Gediegenheit besonders hervorragenden Arten des Feldspatsteinguts kennzeichnen sollen.

Die Steingutglasur.

Die Brenntemperatur des Kalksteingutscherbens liegt zwischen Kegel 02a bis Kegel 6a; diejenige des Feldspatsteinguts zwischen Kegel 9 bis 11. Etwas Aehnliches gilt für die Brenntemperatur der zuletzt erwähnten Uebergangsprodukte. Bei den flußmittelarmen Scherben ist die im Feuer erzielte Verdichtung nur zum allergeringsten Teil auf Verschmelzung, sondern fast ganz auf Versinterung, d. h. auf jene, den plastischen Tonen eigene Schrumpfung im Feuer, welche sich ohne alle Schmelzungserscheinungen vollzieht, zurückzuführen. Es wird dadurch zwar eine sehr bedeutende Härte und äußere Widerstandsfähigkeit des Scherbens erreicht, (Stahlklingen dringen nicht ein), aber diese durch nahes Aneinanderrücken der einzelnen Bestandteile hervorgebrachte Verdichtung ist doch nicht imstande, irgendwie beträchtlichen Spannungsbeanspruchungen, wie sie etwa durch einen bei der Gartemperatur erfolgten Glasurüberzug beim Erkalten hervorgerufen werden, zu ertragen. Die Ausdehnung dieser porösen Scherben bei der Gartemperatur bezw. ihre Zusammenziehung beim Erkalten scheint eine so beträchtliche zu sein, daß keine Glasur ihr zu folgen vermag. Der Scherben zerfällt beim Erkalten vielmehr in lauter kleine und kleinste Brocken. Wohl aber ist es möglich, den Steingutscherben beim Wiedererhitzen auf Temperaturen, welche weit unter der Garbrennhitze liegen, mit schönen, aber leichtschmelzbaren Glasüber-

zügen haarrissefrei zu überziehen und so nähert sich dann diese Seite der Behandlung des weißen Steinguts ganz derjenigen des Irdengeschirres. Wegen dieses Verhaltens wird die einfache englische Steingutware auch mit dem Namen Earthenware bezeichnet.

Die älteren Steingutwaren wurden denn auch, in Anlehnung an die Behandlung der Irdenware, einfach mit den für diese benutzten bleiischen Rohglasuren überzogen, zumal die Anwendbarkeit der Borsäure und ihrer Salze zur Fabrikation der Steingutglasuren noch nicht bekannt war. Damit waren zugleich zwei Uebelstände verbunden. Einmal gewann die Ware stets ein der Weiße des Scherbens nicht entsprechendes, schmutziges Aussehen, sodann waren diese wenig widerstandsfähigen Gläser starker Abnutzung unterworfen. Bessere Ergebnisse wurden erst, einmal durch die Anwendung der als vorzügliche Flußmittel wirkenden und die gelbliche Färbung der Bleioxydflüsse beseitigenden Borsäureverbindungen gezeitigt, sodann durch die Verwertung der bekannten Erscheinung, daß einmal eingeschmolzene Gläser beim Wiedererhitzen bei einer sehr viel niedrigeren Temperatur in Fluß geraten, als das bei ihrer Bereitung zu geschehen pflegt. Diese Wiedererweichungstemperatur liegt nun bei sehr vielen, nicht besonders kieselsäure- und tonerdereichen, aber doch mit sehr annehmbaren Eigenschaften ausgestatteten, insbesondere bleioxydhaltigenGläsern gerade in derjenigen Temperaturzone, in welcher die Steingutglasuren mit Erfolg auf den Scherben aufgeschmolzen werden können. Sofern das noch nicht zutrifft, genügt die Beifügung gewisser Mengen von Borsäure oder von Boraten, um den Schmelzpunkt noch beliebig herabzusetzen und dem in Frage kommenden Hitzegrad somit vorzüglich anzupassen. Auf diese Weise war es der neueren Entwicklung der Steingutindustrie möglich, durch die Anwendung sogen. Fritteglasuren ihre Fabrikate, trotz der verhältnismäßig niedrigen Aufschmelzhitze, mit schönen, glänzenden, dauerhaften, einwandfreien Glasuren zu überziehen. Freilich war es bisher trotz aller Anstrengungen noch nicht möglich, das Bleioxyd, dieses vortrefflichste aller Flußmittel in der Silikatindustrie, wegen seiner giftigen Eigenschaften aus der Steingutfabrikation zu verdrängen. Weiter unten wird auf diese Angelegenheit noch zurückzukommen sein.

Die Benutzung reiner Fritten, d. h. vorher eingeschmolzener, sodann feingepulverter Gläser als Glasuren für die Steingutindustrie erwies sich freilich als nicht direkt anwendbar. Von sämtlichen Gläsern ohne Ausnahme lösen sich beim Feinmahlen nämlich kleine Mengen ihrer Bestandteile, besonders bei den alkalihaltigen, im Wasser auf. Vom Sodagießprozeß ist bekannt, daß schwach alkalische Flüssigkeiten die eigenartige Eigenschaft besitzen, auf ge-

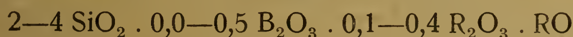
wisse voluminöse Stoffe, welche im Wasser aufquellen und infolgedessen eines größeren Quantums an Wasser bedürfen, um damit einen gießbaren Brei zu bilden, wie z. B. auf die bildsamen Anteile, schrumpfend einzuwirken. Es ist daher möglich, bei Anwendung schwach alkalisch gemachten Wassers in einem gegebenen Quantum sehr viel mehr von diesen Stoffen anzuhäufen und in den gießfähigen Zustand überzuführen, als das beiVerwendung gewöhnlichen oder schwach angesäuerten Wassers der Fall ist. Diese Wirkung äußert sich in verstärktem Maße bei alkalihaltigen Glaspulvern, aber mit der für die Fabrikation sehr lästigen Nebenerscheinung, daß diese sich ungemein schnell und so fest zu Boden setzen, daß sie nur mit großer Mühe wieder aufgewirbelt werden können, um sich alsbald wieder festzusetzen. Das nämliche geschieht im Mahlgerät, sobald seine Bewegung zur Ruhe kommt. Zu diesem lästigen Umstände gesellt sich als zweiter noch die Tatsache, daß das Glasurpulver nach dem Trocknen auf dem Scherben so locker liegt, daß es sich bei der geringsten Veranlassung ablöst. Diese beiden Unzuträglichkeiten werden in hinreichender Weise vermieden, wenn man der Fritte, schon bei der Vermahlung, Stoffe zusetzt, welche erfahrungsgemäß imstande sind, das feste Absitzen der Glasur zu verhindern und das Glaspulver längere Zeit in der Schwebe zu erhalten. Das Ganze bildet dann den sogen. Mühlversatz. Geeignete Rohstoffe zum Mühlversatz sind zunächst alle bildsamen Körper, wie Kaoline, fette Tone, ferner Mennige und besonders Bleiweiß, sodann Kalkspat, Kreide, Magnesit — die letztgenannten dürfen aber nur in kleiner Menge zur Verwendung kommen — auch trocken gemahlener Feldspat. Erfordernis ist, daß die dem Mühlversatz beigegebenen Stoffe wasserunlöslich sind. Die Bleiverbindungen werden indessen in neuerer Zeit, wegen ihrer giftigen Eigenschaften, möglichst vom Mühlversatz ausgeschlossen. Die Gesamtmenge dieser Stoffe beträgt dem Gewicht nach im Durchschnitt 20 v. H. des Glasurversatzes. Sie werden meistens von dem Hauptversatz abgezweigt und dem eingeschmolzenen Rest später hinzugefügt. Weil hierbei auf die chemische Beschaffenheit des Restes in den meisten Fällen keine Rücksicht genommen wird, kann es vorkommen, daß man als Fritte ein sehr schlechtes, womöglich wasserlösliches, oder im Wasser quellbares Glas erhält, was allerlei Unzuträglichkeiten, wie Blasenwerfen der Glasur, Rauchfang u. dergl. im Gefolge hat. Der Fehler läßt sich vermeiden, wenn man als Zusatz zur Fritte recht fetten, natürlich weißbrennenden Ton oder direkt gelagerte Steingutmasse, deren Zusammensetzung nach Tonsubstanz, Quarz und Feldspat natürlich bekannt sein muß, anwendet. Es genügen dann in der Regel 10—12 v. H. des Gesamtversatzes. Auch diese werden vom Hauptversatz ausgespart, nehmen

aber nur mehr den halben Umfang der vorhin geforderten 20 v. H. ein und gestatten somit, eine bessere Fritte zu erschmelzen. Weil nun aber, wie schon weiter oben bemerkt wurde, auch Tone in schwach alkalischen Lösungen ihre Quellfähigkeit verlieren, mithin den Zweck ihres Zusatzes zu erfüllen nicht imstande sein würden, muß eine Entfernung des Alkalis durch Umsetzung stattfinden, was durch Einverleibung geringer Mengen schwacher Säuren, wie Essigsäure und Salzsäure usw. leicht herbeizuführen ist. Der Umschlag ist sehr deutlich zu beobachten.

In der Praxis hat diese Erscheinung des leichten Absetzens der Glasuren aus schwach alkalischen Lösungen zu den sonderbarsten Zusatzmitteln, welche ihre Wirksamkeit zuweilen auch nur dem Gehalt an schwachen organischen Säuren verdanken, geführt. Milch, Dextrin, Stärke, Eiweiß und Roggenmehlkleister gehen noch an, aber auch weniger appetitliche Stoffe wie Ochsenblut, fauliger Urin und dergl. kommen gelegentlich zur Anwendung. Alle aber verbreiten, in Fäulnis geraten, einen unsäglich widerlichen Geruch. Sie können bei sonst zweckmäßig zusammengesetzter Glasur sämtlich durch einige Tropfen Salz- oder Essigsäure ersetzt werden. Selbstverständlich muß ein Ueberfluß dieser Säuren vermieden werden. Ammoniumsalze, wie Chlorammonium (Salmiak), Ammoniumnitrat und andere verrichten denselben Dienst.

1. Farblose Steingutglasur.

In des Verf. Ker. Rechn. III, S. 76 ist als Grenzformel der Glasuren mit Mühlversatz die nachfolgende angegeben:



$$2\text{—}4\ SiO_2\ .\ 0{,}0\text{—}0{,}5\ B_2O_3\ .\ 0{,}1\text{—}0{,}4\ R_2O_3\ .\ RO$$

Das R_2O_3 bedeutet fast ausnahmslos Tonerde: Al_2O_3, während sich das RO aus den Oxyden des Bleies, der Erdalkalien und der Alkalien zusammensetzt.

Der Umstand, daß die Steingutglasuren im gefritteten, d. h. eingeschmolzenen Zustande, abgesehen von den Zusatzstoffen zur Mühle, zur Anwendung kommen, gewährleistet eine fast unbeschränkte Auswahl unter den Rohstoffen. Waren bei der Zusammensetzung der Rohglasuren nur wasserunlösliche Stoffe zulässig, so fällt diese Einschränkung hier fort, weil der Fritteprozeß es gestattet, auch an sich wasserlösliche, wie Salpeter, Soda, Pottasche, Borax usw. durch die Verbindung mit Kieselsäure und Tonerde in wasserunlösliche umzuwandeln.

Der Fritteschmelzprozeß erfolgt im großen gewöhnlich in Flammöfen. Das geschmolzene Glas wird im Wasser abgeschreckt und dadurch zugleich vorzerkleinert. Schmilzt man die Fritte im Tiegel, so kann man sie ständig durch einen engen Abfluß in seinem Bo-

den in dünnem Strahl in kaltes Wasser fließen lassen, während oben stets Neuaufgabe des gut gemischten Versatzes stattfindet. Dieses Verfahren setzt allerdings leicht und dünnflüssig schmelzende Fritten voraus. Geschieht das Schmelzen in Schamottekapseln, so erhält man größere Glaskuchen, welche nach der Reinigung zertrümmert und auf dem Frittenbrecher bezw. dem Kollerwerk weiter zerkleinert werden müssen. Mit den berechneten Zusätzen wird das Ganze als Mühlversatz in der Kugelmühle feingemahlen, und zwar so fein, daß ein Sieb von 5400 Maschen auf dem Quadratzentimeter anstandslos durchlaufen wird. Gelegentliche Warnungen vor zu feiner Mahlung beruhen meist auf ungeeigneter Wahl der Zusatzmittel zur Fritte und sind daher meist nicht ernst zu nehmen.

Lehrversuche im Laboratorium haben sich auch hier den in der Praxis gegebenen Fabrikationsbedingungen und -möglichkeiten anzuschließen. Die Versuchsfritten werden, nachdem die später zuzugebenden Mühlversatzanteile rechnerisch abgezweigt worden sind, in kleinen Schamottetiegeln im Seger-Heinecke-Gasofen — je vier auf einmal — eingeschmolzen und, sofern sie flüssig genug sind, in kaltes Wasser gegossen, sonst aber im Tiegel erkalten gelassen. Einige tiegelscherbenfreie, im Notfall davon durch Abschleifen befreite Stückchen — größere Stücke zerkleinert man vorher zwischen Papier mit dem Hammer — werden gepulvert und gewogen. Die noch hinzuzufügenden Mühlversatzanteile werden durch Rechnung ihrem Gewicht nach festgestellt, abgewogen und mit der Fritte auf einer Glaspalette innigst verrieben. Aus einem Näpfchen wird die sorgfältig eingestellte, vor Entmischung also geschützte Glasur, an den Probescherben angegossen. Der Rest wird auf der Gipsplatte vom Wasser befreit, getrocknet und zur Herstellung von Mischungen bereit gehalten. Nach erfolgtem Brande (Kegel 07a bis 02a) gibt das Aussehen der Probe die Entscheidung über die ferneren Maßnahmen. Gut ausgefallene Mischungsproben — aus ihnen gehen in der Regel die besten Glasuren hervor — werden durch Rechnung (Vergl. Ker. Rechn. III, S. 86 ff.) auf einfache Versätze zurückgeführt. Nach der Auswahl der besten Ergebnisse werden größere Posten Fritte in größeren Schamottetiegeln oder -kapseln in dem erwähnten Gasofen, in der Scharffeuermuffel oder in einem sonstigen Fritteofen eingeschmolzen, zerkleinert, mit Mühlversatz versehen und in der Kugelmühle feingemahlen. Zu beachten bleibt, daß bei der Beschickung der Mahltrommel die größten Frittekörper über Linsengröße nicht hinausgehen dürfen.

Die bleifreien Steingutglasuren bewegen sich, ihrer Zusammensetzung nach, ungefähr in denselben Grenzen, wie sie für die bleioxydhaltigen angegeben sind, indessen ist in ihnen die Menge der Tonerde meist beschränkt, die der Borsäure erhöht

und die der Kieselsäure in mäßigen Grenzen gehalten. An Stelle des giftigen Bleioxyds pflegt neben den Alkalien das — vielleicht noch giftigere — Bariumoxyd zu treten, sodann Zinkoxyd, dessen Verbindungen ebenfalls nicht ganz ungiftig sind, sowie Magnesium-, Calcium- und Strontiumoxyd. Ihre Darstellung ist derjenigen der bleihaltigen Glasuren ganz ähnlich.

Man erhält im Kleinbetriebe und im Muffelbrand ganz tadellos ausgeflossene, schöne und spiegelblanke Glasuren, welche die von Seger beschriebene Barytglasur nicht selten übertreffen, aber im Großbetriebe bei Kapselbrand und Stein- oder Braunkohlenfeuerluft nicht selten durch Mattwerden versagen. Das in den Feuergasen reichlich vorhandene Schwefeldioxyd bildet mit Sauerstoff und den basischen Flußmitteln der Glasur Sulfate, welche, besonders diejenigen der Hauptflußmittel, der Alkalien, ziemlich feuerbeständig sind. Die Alkalisulfate zersetzen sich erst in der Gegend von Kegel 9, die der Erdalkalien etwas früher und diejenigen der Schwermetalle schon bei ziemlich niedrigen Temperaturen, so das Bleisulfat etwa bei Kegel 02a. Die Kieselsäure scheint aber selbst bei ansehnlichen Hitzegraden nicht imstande zu sein, die Schwefelsäure aus ihren Verbindungen zu verdrängen — wenigstens ist der Beweis des Gegenteils noch nicht überzeugend erbracht. Wahrscheinlicher ist, daß sie durch die Höhe der Temperatur sich von selber verflüchtigt oder durch Reduktion Zersetzung erfährt. — Ist also irgend ein Abschnitt des Glasurbrandes der Bildung von Sulfaten, besonders von Alkalisulfaten günstig gewesen — es ist derjenige vor und kurz nach Eintritt der Rotglut — so wird die Glasur, sofern man später, wie man das von den Bleioxydglasuren her gewöhnt ist, vorwiegend oxydierend brennt, oberflächlich mit den die Bildung einer Glashaut verhindernden Sulfaten bedeckt sein und ganz oder teilweise matt und glanzlos aus dem Ofen kommen. Eine Möglichkeit, sie dennoch glänzend zu bekommen, besteht in der Aenderung der gewohnten Brennweise. Nach eingetretener Rotglut und nach der Verbrennung des eingelagerten Kohlenstoffs in kräftiger Oxydationsfeuerluft muß ein ebenso kräftiger Reduktionsabschnitt folgen, welcher imstande ist, die Sulfate in Sulfide und Oxyde und schließlich in Silikate, d. h. glänzende Glasuren zu verwandeln. —

Wenn es aber auch gelingen sollte, die den bleifreien Glasuren noch entgegenstehenden Schwierigkeiten zu beseitigen, so würde mit deren Einführung dennoch nicht eben viel gewonnen sein, denn Barium und Zink würden, wie gegenwärtig das Bleioxyd, wohl auch bald ihrer anscheinenden Harmlosigkeit entkleidet werden. Dann blieben, außer den Alkalien, nur noch Calcium-, Strontium- und Magnesiumoxyd als Flußmittel übrig, dazu die Borsäure. Ob-

wohl nun reine Alkaliglasflüsse mit den farbigen Metalloxyden sehr schön gefärbte Glasuren zu liefern und darauf oder darunter gestrichene Farben vortrefflich zur Geltung zu bringen vermögen, so sind sie für sich allein doch kaum verwendbar. Bei den übrigen trifft das nicht in dem Maße zu und am allerwenigsten bei der dann zu einer hervorragenden Rolle berufenen Borsäure. Auf schöne, farbig verzierte Gebrauchsgeschirre würde also z. T. verzichtet werden müssen, denn das Bleioxyd ist in dieser Hinsicht nicht leicht zu ersetzen.

2. Farbige Steingutglasuren

Wegen der kräftigen Farbenwirkungen, welche durch die bleioxydhaltigen Gläser zustande gebracht werden können, ist die Anwendung der farbigen Steingutglasur eine ziemlich ausgedehnte. Die Färbungen werden in ganz derselben Weise zustande gebracht, wie das schon bei den früher beschriebenen Glasuren ausgeführt worden ist, also durch Hinzufügung färbender Metalloxyde in verschiedenen Mengen, die indessen 10 v. H. kaum jemals überschreiten. Durch Zusammenfügung der Einzeltönungen zu anmutigen Gruppenwirkungen, sowie durch Mischung dieser in den verschiedensten Verhältnissen gelangt man zu einer unabsehbaren Reihe der farbenprächtigsten Abwandlungen. Die färbenden Metalloxyde pflegen dabei der farblosen Glasur in Prozenten beigemischt und mit dieser innigst vermahlen zu werden. Dabei muß dann freilich streng darauf geachtet werden, daß Entmischung, welche gerade bei den Steingutglasuren so leicht eintritt und zuweilen zu großen Unzuträglichkeiten führt, hintangehalten wird. Zur Vermeidung dieser, besonders wenn es sich um zartgetönte Farbenwirkungen handelt, welche auf vielen Einzelstücken sich zu einer einzigen Gesamtwirkung vereinigen sollen, wie z. B. bei Wandplatten u. dergl., pflegt man ein Quantum von der farblosen Glasur oder von der zu dieser gehörigen Fritte mit 10, 15 oder mehr Prozent von dem färbenden Metalloxyd innigst zu vermahlen und einzuschmelzen. Das feinst gemahlene, farbige Glas wird dann in der erforderlichen Menge der farblosen Glasur zugesetzt und mit dieser durch Zusammenmahlen innigst vermischt. Dadurch, daß das spezifische Gewicht der farbigen Fritte mit dem der farblosen nunmehr fast übereinstimmt, wird der Entmischung erfolgreich vorgebeugt.

In allen denjenigen Fällen, wo es darauf ankommt, besonders hervorstechende Glasurfarbenwirkungen zu erzielen (Zellenmalerei, Ziergeräte, Schalen) empfiehlt es sich, die ganze Fritte von vornherein zu färben, d. h. das färbende Metalloxyd in hinreichender Menge schon dem Frittenversatz einzuverleiben und mit diesem

zusammenzuschmelzen. Man hat dann als ungefärbte Versatzstoffe nur noch die Zusätze zum Mühlversatz in der Glasur. In ganz besonderen Fällen, wo auch diese Störungen noch beseitigt werden sollen, setzt man das Metalloxyd bereits dem Hauptversatz zu, frittet diesen ein und verarbeitet die erhaltene, farbige, feingepulverte Fritte ganz ohne Mühlversatz. — Es ist verständlich, daß diejenigen farbigen Glasuren, bei denen jedes Teilchen von dem Farbstoff durchdrungen ist, die besten sein und die schönsten und vollkommensten Wirkungen hervorrufen müssen, was denn auch zutrifft. Es besteht indessen die Schwierigkeit, daß man bei Bedarf großer Mengen an farbigen Glasuren für jede Farbe einen besonderen Fritteschmelzofen haben müßte, was so gut wie undurchführbar ist und auf ganz besondere Fälle, wo es sich um die Erreichung künstlerischer Zwecke handelt, beschränkt bleiben muß. Dann aber reichen in Tiegeln oder Kapseln ausgeführte Schmelzungen in der Regel aus.

Bei Versuchen mit farbigen Glasuren im Laboratorium ist das Verfahren ein ganz ähnliches. Das Einfritten bezw. Einschmelzen geschieht in kleinen zylindrischen Tiegeln im Gasprobierofen, das Zerkleinern in der Reibschale und das Feinreiben auf der Glaspalette. Bei der Anwendung nicht gefritteter Metalloxyde ist hier ganz besonders auf die Verhinderung der Entmischung zu achten.

Man verwendet für Dunkelblau etwa 6 v. H. Kobaltoxyd, für Eisengelb etwa 3 v. H. Eisenoxyd, für Chromgrün etwa 1—1,5 v. H. geglühtes Chromoxyd, für Kupfergrün etwa 4 v. H. Kupferoxyd, für Urangelb etwa 3 v.H. Uranoxyd, für Manganviolett bezw. Braunviolett etwa 4 v. H. Manganoxyd usw. Hellere Töne werden durch geringere Beigaben erhalten, noch dunklere durch Ueberschreitung der angegebenen Mengen, indessen kann dann auch leicht Trübung durch Schlackenbildung auftreten. Uebrigens sind die zweckmäßig anzuwendenden Metalloxydmengen bei jeder Glasur verschieden und daher für jede besonders zu ermitteln. Dasselbe gilt von den Farbtönungen, welche z. B. in alkalireichen Glasuren andere sind, als in alkaliarmen. Ebenso sind sie von etwaigem Gehalt an Bariumoxyd, von größeren oder geringeren Mengen Borsäure und Tonerde und von dem chemischen Charakter des die Glasur bildenden Silikatboratgemisches überhaupt abhängig. Dem Anfänger ist daher anzuraten, sich hierüber ganz besonders Gewißheit zu verschaffen und auch seine Grundglasur darauf hin, ob sie sauren, neutralen oder basischen Charakter besitzt, genau zu untersuchen. (Vergl. Ker. Rechn. III, S. 42.)

Die von den einfach blau, grün usw. gefärbten Glasurproben hinterbliebenen Reste werden getrocknet und zu Mischungen zusammengewogen, welche die erforderlichen Zwischentönungen lie-

fern. Die Gewichtsverhältnisse sind stets festzuhalten, um erforderlichen Falles aus der verwickelten Mischung einfachere Versatzverhältnisse (Vergl. Ker. Rechn. III, S. 94) zu errechnen.

Bei denjenigen Massen, welche sich in ihrer Zusammensetzung und durch die teilweise oder weit vorgeschrittene Verdichtung des Scherbens dem Steinzeug nähern und auch wie dieses behandelt, d. h. verglüht und dann erst mit der Glasur fertig gebrannt werden sollen, wird man auch bezüglich der Glasur über den Steinguttypus hinausgehen und sich dem des Steinzeugs nähern müssen. Man erreicht dieses Ziel sehr leicht dadurch, daß man erprobte Steinzeugglasuren etwa vom Schmelzpunkt des Kegels 6a bis 9, evtl. gar bis 11 mit den ebenso erprobten Steingutglasuren in den verschiedensten Verhältnissen mischt. Die ersteren mögen dabei ungefritteten Zuschlag (Mühlversatz) enthalten oder gleich nach dem Hauptversatz eingeschmolzen sein. Je nach der angestrebten Leicht- oder Strengflüssigkeit wird man bald die Steingut- bald die Steinzeugglasur vorwalten lassen. Letztere, als Rohglasur, bildet dabei zugleich dasjenige Element, welches geeignet ist, die dem Mühlversatz beigegebenen Stoffe zu ersetzen. Derartige Glasuren eignen sich, namentlich, wenn die Steinzeugglasur etwas Magnesit enthält, in der Regel auch vorzüglich zum Glasieren nichtsaugender Scherben. Es geschieht das durch Beschütten der Gegenstände mit dem stark eingedickten Glasurbrei und Abschwenken, bis eine hinreichend starke Schicht gewonnen ist.

Aus den erwähnten Mischungen zwischen Steingut- und Steinzeugglasur gehen nun auch diejenigen zähflüssigen Gläser hervor, welche man teils als Pasten, d. h. als erhabenes Umgrenzungsmittel für Verzierungen mit farbigen Glasuren, teils als Emails verwendet. Für beide Zwecke werden diese Gläser selbstverständlich entsprechend gefärbt.

3. Kristallinische Glasuren ergeben sich hier wie beim Steinzeug leicht durch Steigerung des Gehalts der Glasur an basischen Bestandteilen, u. U. bis zur Ueberschreitung der Grenze der Normalität. Mattkristallinische Wirkungen werden dabei durch besonderen Reichtum an alkalischen Erden und Zinkoxyd leicht gewonnen. Kristallglasuren erhält man nicht nur durch starke Uebersättigung der Gläser mit Zinkoxyd bei Verminderung oder nahezu gänzlicher Ausschaltung der Tonerde, sondern auch durch erhebliche Zugabe an Rutil und Kupfer- sowie Manganoxyd oder beider zu den normalen, nicht zu tonerdereichen Steingutglasuren. (Vergl. Steinzeug.)

4. Haarriß- oder Craqueléglasuren werden alle diejenigen genannt, welche den Scherben zwar in normaler

Weise überziehen, indessen über und über mit einem Netz von feinen Haarrissen bedeckt sind. Man findet diese Erscheinung häufig bei besonders borsäurereichen und flußspathaltigen Steingutglasuren. Ein solches Netz von sehr feinmaschigen, über den ganzen Gegenstand gleichmäßig verteilten Haarrissen kommt nicht selten dem japanischen Satsumasteingut sehr nahe und kann, wie dieses, mit weiteren anmutigen Verzierungen versehen werden.

Die Herstellung der Glasur und das Glasieren.

Befinden sich die zur Herstellung der Glasur bestimmten Rohstoffe in der Form von groben Stücken, wie das beim Felsquarz, Feuerstein, Feldspat, Marmor und Magnesit nicht selten zutrifft, so werden sie nach dem Abwaschen auf dem Kollergang zunächst in ein grobes Pulver verwandelt, das Sichtmaschinen zu durchlaufen hat. Diese lassen als gröbste Brocken nur solche von Stecknadelkopf- bis Linsengröße hindurch. Der Feuerstein, wie auch der Felsquarz, erfahren eine vorherige Auflockerung durch Glühen. Die Fritte ist gewöhnlich schon durch die Abschreckung im Wasser hinreichend vorzerkleinert, andernfalls muß auch sie auf dem Kollergang nachgepulvert werden. War sie in der Kapsel eingeschmolzen, so muß sie vorerst in Stücke zerschlagen oder auf dem Frittenbrecher vorgebrochen werden. Der abgewogene Versatz wird mit der erforderlichen Menge Wassers der Kugelmühle einverleibt und auf dieser in etwa 20—30 Mahlstunden feingemahlen. Der Glasurbrei muß ein 5400-Maschensieb ohne Rückstand durchlaufen. Die Zusatzstoffe zum Mühlversatz sind so zu wählen, daß das lästige schnelle Absitzen oder, was noch schlimmer ist, ein fortwährendes Entmischen der Glasur vollständig vermieden wird. Das Absitzen im Ruhezustand muß vielmehr ganz gleichmäßig und so erfolgen, daß klares Wasser darüber steht und das Wiederaufrühren ohne irgend welche Schwierigkeit bewirkt werden kann. Von den Mitteln, um festes Absitzen der Fritte und Entmischung bei alkalischer Reaktion des Glasurwassers hintanzuhalten, ist schon weiter oben die Rede gewesen. —

Das Glasieren selbst erfolgt, wie beim Steinzeug, durch Eintauchen der vorher sorgfältig abgestaubten Gegenstände in den „eingestellten", d. h. vorher auf die der Saugfähigkeit des Scherbens angepaßte Verdünnung gebrachten Glasurbrei. Bei flachen Gegenständen bedient man sich hierzu einer Zange, deren Backen mit Spitzen besetzt sind, um die Fingerabdrücke zu vermeiden und das Ausbessern der schadhaften Stellen bezw. das Verputzen zu umgehen. Sehr große Gegenstände können durch kunstgerechtes Beschütten oder durch Anspritzen glasiert werden. Der Auftrag mit dem Pinsel führt, weder im großen noch im kleinen angewandt,

zu brauchbaren Ergebnissen und wird daher, sofern es sich nicht um bloße Ausbesserung kleiner Schäden handelt, möglichst vermieden. Durch öfteres Umrühren der Glasur, sowohl der farblosen wie auch aller farbigen, wird erreicht, daß Fritte und Zusätze immer gleichmäßig gemischt bleiben und das färbende Metalloxyd, sofern es als solches zugesetzt wurde, immer in der gewollten Menge verausgabt wird. Andrerseits kann der Fall eintreten, daß die Zusatzstoffe, welche das Absitzen der Fritte verhindern sollen, mehr und mehr fortgenommen werden, desgleichen das etwa mit diesem in der Schwebe gebliebene Metalloxyd. Dadurch können Unzuträglichkeiten entstehen, welche sich etwa in Blindheit oder Haarrissigkeit der Glasur nach dem Brennen oder in sonstigen Untugenden, so auch in der allmählichen Ausbleichung der Farbe der nacheinander glasierten Gegenstände, äußern. Wegen der außerordentlichen Verschiedenheit des spezifischen Gewichts der Gemengteile sowie der fast stets festzustellenden Anwesenheit kleiner Mengen gelösten Alkalis im Glasurwasser sind Glasurfehler, welche auf entmischte Glasur zurückzuführen sind, gerade in der Steingutindustrie besonders häufig, weshalb gerade diesem Zweige der erwähnten Werktätigkeit möglichst große Sorgfalt gewidmet werden muß.

Die Zusätze, welche zusammen mit der Fritte den Mühlversatz, d. h. die eigentliche Glasur ausmachen, haben nicht bloß den Zweck, die Fritte im Wasser in der Schwebe zu erhalten, sondern auch, wie schon weiter oben erwähnt wurde, sie auf dem glasierten Scherben so zu binden, daß sich der Glasurüberzug bei der Handhabung der Stücke bis zum Glattbrande nicht abgreift oder abfällt.

Etwaiges Zusammenrollen auf dem Scherben während des Brandes ist stets auf starke Schwindung der Glasur beim Anfeuern des Ofens, während der Scherben sich ausdehnt, zurückzuführen und durch Aenderung des Mühlversatzes abzustellen. Die Einführung organischer Stoffe, wie Dextrin, Traganth usw., um derartige Fehler zu beseitigen, ist, weil diese Substanzen vor dem vollständigen Verbrennen Glasur und Scherben mit halbverkohlten Stoffen erfüllen, die bei nicht rechtzeitiger Verbrennung in die Glasur mit einschmelzen und die Glasurbildung stören, zu vermeiden. Sie ist überdies in jedem Falle unnötig und beweist nur, daß dort, wo sie zur Anwendung kommt, die Glasurtechnik nicht hinreichend beherrscht wird.

Von dem Verfahren beim Ueberglasieren nichtsaugender Scherben ist schon weiter oben die Rede gewesen.

Die Verzierung des Steinguts.

Die Verzierungsarten und die Mittel dazu sind gerade beim Steingut so vielfältig und so ausgedehnt, daß an ihre erschöpfende

Behandlung in dem engen Rahmen dieses Werkes nicht zu denken ist. Es wird daher nur das Wesentlichste hervorgehoben werden können.

1. Verzierung durch Begüsse (Engoben).

Begüsse sind farbige Steingutmassen, welche durch Färbung der gewöhnlichen weißen Masse durch geeignete Metalloxyde oder sogen. Farbkörper, von deren Darstellung weiter unten die Rede sein wird, erhalten werden. Ihre Darstellung hat viel Aehnlichkeit mit derjenigen der farbigen Glasuren, und ihre Aufbringung auf den Scherben geschieht auf die nämliche Weise. Die färbenden Stoffe werden, je nach der gewünschten Stärke der Färbung, der Masse in Prozenten zugesetzt und mit dieser innigst vermahlen. Kobaltoxyd bei 3—5 v. H. liefert Hell- bis Dunkelblau, Chromoxyd bei 1—2 v. H. Grün, Mischungen von Chrom- und Kobaltoxyd bei 1—3 v. H. alle Abstufungen von Blaugrün, Pinkfarbe bei 10—15 v. H. Violettrot usw. Aufgebracht wird der Beguß durch Tauchen oder Anspritzen oder durch Anguß, nie mit dem Pinsel. Bei der Herstellung von Gefäßen durch das Gießverfahren gießt man die Engobe zuerst in die Form, um sie alsbald wieder zu entfernen. Während der Zeit, welche das Eingießen in Anspruch nahm, blieb eine hinreichend starke Schicht an der Form hängen. Durch alsbaldiges Nachfüllen farbloser Masse und Herstellung des Scherbens in der üblichen Stärke findet die Vereinigung der dünnen Engobeschicht mit dem eigentlichen Gefäß statt.

Bei geschickter Handhabung lassen sich auch mehrere verschieden gefärbte Begüsse übereinanderlegen, was bei der Anbringung geeigneter Aussparungen zu reizvollen Verzierungen führt. Dabei ist aber zu beobachten, daß sich immer nur eine magere Engobe über eine fettere legen läßt, nie umgekehrt. Andernfalls erfolgt Abrollen. Es ist das eine Erscheinung, welche auch für das Abrollen der Glasur über Farben in sehr vielen Fällen eine recht zutreffende Erklärung abgibt.

Die Begüsse werden fast ausschließlich auf den noch ungebrannten Stücken angebracht und mit diesen dem Scherbengutbrand, dem sogen. Schrühbrand unterworfen. Die wie bei allen übrigen Gegenständen darübergelegte, farblose Glasur läßt die Farbenwirkung erst in die rechte Erscheinung treten.

2. Verzierung durch farbige Glasur.

Diese Art der Schmückung dient entweder zum Ueberzug des ganzen Gefäßes in gleichmäßiger, einfarbiger Schicht, oder man läßt mehrere verschiedenfarbige Glasuren überein- oder ineinanderflie-

ßen, wodurch zuweilen sehr reizvolle und prächtige Wirkungen zustande kommen. Die farbigen Schmelzflüsse dienen häufig auch den sogen. Kristallglasuren als geeignete Unterlagen, über welchen sie nicht selten erst zu voller Entwicklung gelangen. Ausgiebige Verwendung pflegen die farbigen Glasuren bei der Verzierung von Wandplatten zu finden. Die Umrisse der Zeichnung werden entweder von vornherein in der Masse erhöht dargestellt, oder man stellt sie erst auf der glatten Fläche durch Umrandung mit Pasten (s. weiter oben) dar. Die dadurch entstehenden, umgrenzten Felder werden dann mit verschiedenfarbigen Glasuren, deren Ineinanderlaufen dadurch verhindert wird, je nachdem wie die Zeichnung es erfordert, ausgefüllt.

Geeignete alkalische und mit Kupferoxyd unter 1 v. H. gefärbte Glasuren nehmen, bei Rotglut der Reduktion durch Leuchtgas oder durch sonstige Reduktionsmittel ausgesetzt, eine schöne zinnoberrote Oberflächenfärbung an, welche durch vorher aufgesetzte Farben oder durch Verdünnung nach Belieben unterbrochen und abgetönt werden kann. Auch die Kristallglasuren zeigen bei ähnlicher Behandlung zuweilen sehr überraschende und reizende Farbenwirkungen. (S. Sprechsaal 1908, Nr. 36—38.)

In das nämliche Gebiet gehören auch die von Zeit zu Zeit auftauchenden

3. Lüsterwirkungen. Silberoxyd oder kohlensaures Silber, bis zu 2 v. H. in der Glasur aufgelöst, bringt bei nachfolgender schwacher Reduktion ein prachtvolles andauerndes Farbenspiel hervor. Andere sprühende Lüster, so z. B. der bekannte Irislüster, werden durch Bestreichen der fertigen Glasur mit einer Auflösung eines Titansalzes in einer öligen Flüssigkeit sowie durch andere derartige Präparate und schwaches Einbrennen erhalten; sie bilden, wie auch der Kupferlüster, indessen nur vorübergehende Erscheinungen, die den Einwirkungen von Licht und Luft nicht dauernd standzuhalten vermögen.

4. Weiter oben wurde bereits erwähnt, daß sog. Emails, d. h. zähflüssige, aber wohldurchgeschmolzene Gläser leicht gewonnen werden können, wenn man die gewöhnlichen Steingutglasuren oder -fritten mit geeigneten farblosen Steinzeugglasuren in auszumittelndem Verhältnis zusammenschmilzt. Durch Hinzufügung farbiger Metalloxyde in kleinen Mengen erhält man farbige Emails. Empfindlichere Farbkörper, wie Goldpurpur, Eisenoxyd usw. werden erst nachträglich dem bereits eingeschmolzenen und feingepulverten Glase zugesetzt, nach innigster Mischung leicht gefrittet und wiederum, nunmehr zum Gebrauch, durch Feinreiben fertig gemacht.

Als Malmittel werden Stoffe, welche verkohlen, möglichst ausgeschlossen. Meist gelangt man durch Beimischung von etwa 10 v. H. fetten Tones, welcher sich im Schmelzfluß gut auflöst, und Wasser leicht zum Ziel. Von den Emails wird verlangt, daß die mit ihnen ausgeführten, erhabenen, farbigen Verzierungen nicht auseinanderlaufen, sondern, obwohl mit der Unterlage und in sich selber innigst verschmolzen, im Relief stehen bleiben. Auch borsäurereiche Schmelzen pflegen, sofern der Kieselsäure- und Tonerdegehalt ebenfalls beträchtlich ist, ähnliche Eigenschaften zu entwickeln. Man vergleiche auch das beim Steinzeug und beim Porzellan über diese Angelegenheit Erwähnte.

5. Die Verzierung durch Farben. Die verhältnismäßig niedrige Temperatur des Glatt- oder Glasurbrandes beim Steingut ermöglicht eine fast unbegrenzte Anwendung zunächst der

a) Unterglasurmalerei.

Ihre Ausführung erfolgt auf dem gutgebrannten, porösen sog. Biskuitscherben und kann bei der überaus reichen Auswahl an Farben sowohl einfarbig, wie auch in besonders reicher Fülle von Farbentönungen ausgeführt werden. Einfache Verzierungen in Punkt- und Strichform pflegt man, weil die Farben nur mit Wasser, welchem allenfalls etwas Glyzerin oder Gummi arabicum zugesetzt werden kann, angemacht sind, alsbald nach Fertigstellung zu glasieren und glattzubrennen. Feinere Malereien erfordern indessen mit öligen Malmitteln angemachte Farben, die ein vorheriges Ausglühen des bemalten Scherbens erforderlich machen, bevor sie, mit Glasur überzogen, dem Glattbrand ausgesetzt werden können. Ein Vervielfältigungsverfahren billiger Verzierung, welches beim Steingut stark in Anwendung ist, besteht in dem Druck- oder Umdruckverfahren. Mit Druckfirnis, einer klebrigen, durch Einkochen von Leinöl mit etwas Kolophonium und Bleiglätte erhaltenen, dickflüssigen, bei gelindem Erwärmen dünnflüssiger werdenden Substanz, fein verriebene Farben, werden über der erwärmten Kupferplatte, welche die tiefgestochene Zeichnung enthält, ausgebreitet und wieder entfernt. Nach dem Abputzen der Platte ist nur noch in den Vertiefungen der Zeichnung Farbe zurückgeblieben. Legt man nun eine mit sogen. Seifenschmiere (erhalten aus guter Schmierseife, kristallisierter Soda und Wasser) bestrichenes und getrocknetes Papier auf die Kupferplatte, darüber ein feuchtes leinenes Tuch und eine Filzplatte und läßt das ganze vorwärts und rückwärts zwischen einem Druckwalzenpaar hindurchlaufen, so findet sich beim Abziehen des Papieres die Zeichnung auf diesem. Nach Entfernung alles überflüssigen Papieres wird der die Zeichnung enthaltende Rest mit der

bedruckten Seite nach unten auf das zu verzierende Stück gelegt und fest angerieben. In lauwarmem Wasser läßt sich nun das Papier wegen der erweichenden Seifenschmiere leicht entfernen, während die Zeichnung nunmehr fest an dem Gefäß sitzt und nach dem Verbrennen des Druckfirnisses zur weiteren Behandlung fertig ist. Zuweilen werden auch nur die Umrisse der Zeichnung durch Druck übertragen, während man die Einzelheiten durch Handmalerei vervollständigt. Zur Vervielfältigung einfacher Verzierungen bedient man sich außerdem allerlei mechanischer Vorrichtungen. In neuerer Zeit ist noch die Verzierung durch das Abziehbild und durch den Farbenzerstäuber hinzugekommen, welcher letztere namentlich zur Anbringung zartverlaufender Fernen und Hintergründe dient.

b) Ueberglasurmalerei.

Diese Verzierungsart unterscheidet sich von derjenigen des Porzellans so gut wie gar nicht; es kommen auch die nämlichen Farben dabei in Anwendung. Ebenso wird die Vergoldung in derselben Weise wie das beim Porzellan der Fall ist und mit den nämlichen Metallfarben ausgeübt. Das Einbrennen geschieht in Zugmuffeln, welche den verzierten Gegenstand nur während 7—10 Minuten der Rotglut aussetzen, welche Zeit zur Befestigung der Farben an dem Scherben und zur Entwicklung des erforderlichen Glanzes hinreicht. Im übrigen wird auf das entsprechende Kapitel beim Porzellan verwiesen.

Die Verzierungsmittel.

Soweit die Verzierungsmittel in Form von farbigen Begüssen, Glasuren und Emails bestehen, haben sie bereits Erwähnung gefunden. Als Ueberglasurfarben, einschließlich der Vergoldung, werden sie beim Porzellan abgehandelt werden. Eigentümlich sind dem Steingut lediglich die Unterglasurfarben. Die Hauptanforderungen, welche an diese gestellt werden müssen, sind, abgesehen vom Farbton: Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkungen der darüber liegenden Glasur während des Aufschmelzens, hinreichende innere Versinterungsfähigkeit, durch welche Ablaufen oder Abrollen der Glasur sowohl wie das Abheben vom Scherben verhindert werden, hervorragende Deckkraft, welche auch das Anbringen zartester Tönungen gewährleistet. Die deckende Glasur hat bei der Entwicklung der Farben, ihrer Standhaftigkeit usw. selbstverständlich beträchtlich mitzuwirken. Gar zu leicht schmelzbare Gläser, welche noch sehr aufnahmefähig sind, werden, während der langen Dauer des Glattbrandes, nicht nur Gelegenheit finden, den Scherben stark anzugreifen, sondern auch die Farben teilweise oder ganz in Lösung zu bringen, u. U. zu zerstören, die entstandenen, gefärbten Gläser zum

Auslaufen zu bringen oder doch wenigstens die Umrisse stark zu verwischen. Getrübte Glasuren wiederum lassen die Farben nicht klar zur Wirkung kommen; sie sehen in diesem Fall wie mit einem Schleier überzogen aus. Erforderlich ist vielmehr, daß die Glasur nicht nur glasklar durchschmilzt, sondern dies auch in einer verhältnismäßig kurzen Zeit tut, d. h. daß sie erst kurz vor der erreichten Gare des Geschirres in Fluß gerät. Die Ausmittelung geeigneter Glasuren, welche allen Anforderungen der Unterglasurmalerei entsprechen, ist daher keineswegs einfach, sondern bedarf beträchtlicher Erfahrung und nicht unbedeutender, werktätiger Geschicklichkeit.

Aus den oben angegebenen Bedingungen, welche die Steingutunterglasurfarben zu erfüllen haben, geht der Reihe nach hervor, daß sie in ziemlich gesättigter Form zur Anwendung kommen, daß sie bei der Temperatur des Glattofens etwas versintern oder zusammenfritten und während des Auftragens mit dem Pinsel sich in allerfeinst verteilter Form befinden müssen. Die Farben werden also ziemlich reich an färbenden Oxyden oder Oxydgemischen sein müssen; man wird ihnen nötigenfalls ein wenig neutrales Fluß- oder Versinterungsmittel zuzusetzen haben und bei der Darstellung der Farbkörper auf eine möglichst feine Verteilung und Auflockerung der färbenden Substanz Bedacht nehmen.

Die Farbkörper bestehen, wie bei allen übrigen keramischen Warengattungen, wesentlich aus den färbenden Metalloxyden oder aus Metalloxydgemischen nebst passenden Verdünnungsmitteln oder auch Verbindungen dieser untereinander, wie denjenigen der Tonerde mit Kobaltoxyd, des Chromoxyds mit Eisenoxyd usw. Die Methoden zu ihrer Darstellung werden beim Porzellan zur Abhandlung kommen.

Als Fluß- und Versinterungsmittel kommen zur Anwendung, entweder eigens für den Zweck dargestellte neutrale Glasflüsse, geringe Mengen der Deckglasur oder auch solche von Bleioxyd oder Bleiweiß. Beliebte Verdichtungsmittel sind, wo Glasflüsse nicht verwendet werden dürfen, Kaoline, wo angängig auch fette weißbrennende Tone und Feldspat. Diese Zusätze, insbesondere die verglasend wirkenden, dürfen indessen niemals so reichlich sein, daß die Farbe beim Ausglühen zusammenschmilzt und infolgedessen keine Glasur mehr annimmt.

Zur möglichsten Erhaltung bezw. Förderung der Deckkraft, welche von der äußerst feinen Verteilung des Farbkörpers abhängt, verwendet man nur ungern aus dem Handel fertig bezogene, ohne Rücksicht auf diesen Umstand, stark geglühte Oxyde, sondern Hydroxyde, Karbonate oder sonstige Verbindungen, welche bei schwachem Glühen in die entsprechenden Oxyde übergehen, u. U. bewirkt man ihre Fällung in Form von Hydroxyden oder Karbonaten selber,

zumal die im Handel erhältlichen meist nicht hinreichend ausgewaschen und daher oft minderwertig sind. Das Glühen der Farbkörper wird nur soweit fortgesetzt, als es zu ihrer Entwicklung bezw. der ihnen eigentümlichen Farbe unbedingt notwendig erscheint.

Einige, lediglich dem Steingut eigene Unterglasurfarben sollen schon hier besondere Erwähnung finden, weil sie in der Porzellanindustrie nicht zur Anwendung kommen.

Weil nämlich das Eisenoxyd sowohl wie auch die beim Porzellan so beliebten Goldfarben aus Cassius'schem Purpur wegen ihrer Unbeständigkeit als Unterglasurfarben beim Steingut nicht in Betracht kommen, so bedient man sich als Ersatz für beide der Pink- oder Nelkenfarbe, deren Bereitungsweise bei dem Kapitel „Farbkörper“ weiter unten dargelegt worden ist. Der Name bedeutet einen Sammelbegriff für eine ganze Reihe von Farben, welche sich vom zartesten Rosa bis zum tiefen Violett erstrecken. Der Farbstoff kann ebensogut auch der Glasur zur Herstellung tief nelkenfarbiger Gläser einverleibt werden. Nach A. Berge, Sprechs. 1912, Nr. 1—3 entwickelt sich nicht nur der Farbkörper selber am vorteilhaftesten in der Glasur, wenn er schwach basischen, neutralen oder nur ganz schwach saueren Charakters ist, sondern es ist zur Erzielung tiefroter Färbungen auch zweckdienlich, daß die Glasur selber dieses erwähnten chemischen Charakters teilhaftig wird. Daraus ergibt sich denn auch, daß die Pinkfarbe sich unter Glasurdecken von nicht zu sauerem Charakter am besten entwickeln wird. — Durch Zusätze anderer Metalloxyde zum Pink, z. B. Kobaltoxyd in verschiedenen Mengen erhält man eine Reihe von brauchbaren Violetts.

Die gelben Farben für den Steingutunterglasurschmuck sind zwar denjenigen beim Porzellan ähnlich, indessen müssen sie erheblich härter eingestellt sein. Die Grundfarbe ist das antimonsaure Bleioxyd, das sogen. Neapelgelb, $Pb_3 (SbO_4)_2$, welches aus Bleinitrat und aus Antimontrioxyd bei mäßiger Glut erhalten werden kann Durch Einführung von mehr oder weniger Eisenoxyd erhält man rotgelbe, durch Einführung von Borsäure mehr gelbgrünliche Farbtöne. Zinnoxyd macht die Farbe strengflüssiger und wirkt lediglich verdünnend.

Alle anderen Farben verdanken ihre Entstehung den weiter unten ausführlicher behandelten Farbkörpern für Unter- und Ueberglasurfarben.

Das Brennen des Steinguts.

Die Fertigstellung des Steinguts durch den Brennprozeß erfolgt in zwei Abschnitten.

1. Der Schrühbrand.

Dem Glasurbrand geht in allen Fällen der bei bedeutend höherer Temperatur zu bewirkende Schrühbrand voraus. Der Einsatz muß zum Schutz vor der Flugasche und zu möglichst vorteilhaftem Aufbau durchweg in Schamottekapseln vorgenommen werden. Die Hitzegrade des Schrühbrandes liegen beim Kalksteingut zwischen Kegel 02a bis Kegel 06a, beim Feldspatsteingut zwischen Kegel 9 bis 11, bei Mischungen zwischen beiden etwa in der Mitte. Sie sind eben von der sehr schwankenden Zusammensetzung des Scherbens in hohem Maße abhängig. Der Scherben muß, trotzdem er porös bleibt, namentlich beim Feldspatsteingut, so hart sein, daß eine Stahlklinge nicht eindringt, sondern sich abschleift. Nur bei den geringsten Sorten des Kalksteinguts kann von dieser Forderung Abstand genommen werden. Denn nur so ist es einigermaßen möglich, Glasuren, die dauernd haarrissefrei bleiben sollen, anzubringen. Die Glasurfreiheit des Scherbens beim Schrühen ermöglicht es, den verfügbaren Brennraum im Steingutofen durch Ineinandersetzen der dazu geeigneten Gefäße und durch nahes Aneinanderstellen bis zur Berührung, voll auszunützen, so daß der Massenfabrikation in jeder Weise Vorschub geleistet ist. Der beim Schrühbrand einzuhaltende chemische Charakter der Ofengase ist ziemlich gleichgültig. Um den ganzen, meist sehr großen Ofenraum gleichmäßig zu erhitzen, wird man ziemlich lange, d. h. reduzierende Flamme anwenden müssen, die bei fortgeschrittenem Brande indessen auch Raum für zeitweise Oxydation lassen muß, damit der in den Poren eingelagerte Kohlenstoff Gelegenheit findet, in Form von Kohlendioxyd zu entweichen.

Bezüglich der Behandlung des „Halbporzellan" genannten Steinguts im Brande ist auf das beim Steinzeug Erwähnte zu verweisen.

2. Der Glattbrand.

Nachdem das geschrühte Geschirr mit dem Glasurüberzug versehen worden ist, gelangt es in den Glasur- oder Glattbrand. Um das Zusammenkleben nach dem Schmelzen der Glasur zu vermeiden, muß der Einsatz so vorgenommen werden, daß sich die einzelnen Stücke nicht berühren. Er erfolgt in Kapseln. Um gleichwohl, ähnlich wie beim Schrühbrand, große Mengen von glasiertem Geschirr in dem zur Verfügung stehenden Raum unterbringen zu können, benutzt man den Umstand, daß der Scherben bei der sehr viel niedrigeren Temperatur des Glattbrandes — Kegel 07a bis 02a, u. U. auch bis 4a — nicht mehr erweicht, sich also nicht erheblich verziehen kann, sofern er nicht überall gleichmäßig unterstützt ist. Eine Unterstützung in drei Punkten ist in der Regel ausreichend. Dieser Umstand ermöglicht das Aufhängen zahlreicher flacher, gleichartiger

Gegenstände übereinander (Teller, Schüsseln, Platten) auf zugeschärften oder -gespitzten Stäbchen aus fettem, gebranntem Ton (sog. Pinnen), welche ihren Halt in der durchlöcherten Kapselwand finden. Eine andere Art besteht in dem fast senkrechten Aufstellen der Gegenstände dicht neben einander, aber ohne gegenseitige Berührung, auf der Oberkante von im Querschnitt dreieckigen, auf dem Kapselboden auflagernden Stäbchen aus fettem, vorher verglühtem Steinzeugton, während sie oben durch ineinandersteckbare Pinnenkörper auseinander gehalten werden. Sogenannte Dreispitze ermöglichen das Ineinanderstellen geeigneter glasierter Hohlgefäße. Die Dreispitze schmelzen zwar an den Berührungspunkten fest, indessen lassen sie sich wegen der geringen Berührungsfläche sehr leicht entfernen, ohne erhebliche Marken zu hinterlassen.

Die Ausführung des Steingutglattbrandes bedarf großer Aufmerksamkeit, weil die Glasur, namentlich dann, wenn die in ihr enthaltene Fritte sehr leichtflüssig ist, nicht selten beim Anfeuern eingelagerten Ruß zurückhält und einhüllt, welcher dann nur schwer durch Verbrennung zu entfernen ist und mindestens eine sogen. eierschalige Oberfläche zurückläßt. Stärkere Rußeinlagerungen haben eine blasige, z. T. rauhe Glasuroberfläche im Gefolge. Um diesen Fehler zu vermeiden, ist es notwendig, sobald der Ofeninhalt in die Rotglut eintritt, zeitweise viel atmosphärische Luft hindurchströmen zu lassen, sei es zugleich mit der Flamme, sei es in kurzen Zwischenräumen zwischen dem Feuern mit langer Flamme. Gelingt es, den Kohlenstoff in dieser kritischen Periode aus dem Scherben und dem noch ungeschmolzenen Glasurüberzug zu entfernen, dann ist die weitere Behandlung leicht; auch wird in späteren Abschnitten, wenn die Glasur in Fluß geraten ist, lange Flamme das Glattwerden der Glasur und die gleichmäßige Erhitzung nur begünstigen können. Freilich muß bei bleihaltiger Glasur wegen der Gefahr der Bleireduktion des Guten nicht zu viel geschehen. Anders bei bleifreien Glasuren. Bei diesen wird gerade in diesem Abschnitt des Brandes starke Flammenentwicklung zur Reduktion der die Bildung einer Glashaut verhindernden Sulfate zu einem dringenden Erfordernis. Es ist sehr wahrscheinlich, daß die Außerachtlassung dieses Umstandes — man pflegt die bleifreien Glasuren beim Brennen meist genau so zu behandeln, wie die bleihaltigen — die Schuld an den gelegentlichen Mißerfolgen der Versuche mit den bleifreien Glasurzusammenstellungen trägt.

IV. Das Porzellan.

Allgemeines.

Der Name „Porzellan“ ist ein Sammelbegriff für eine ganze Reihe von weißen Tonwaren mit mehr oder weniger lichtdurch-

lässigem Scherben und von chemisch recht verschiedener Zusammensetzung. Der Ursprung der Bezeichnung ist in Dunkel gehüllt, weil die Chinesen, welchen die Porzellandarstellung entlehnt worden ist, ihr mehr nach dem Feinsteinzeug hinneigendes Erzeugnis mit dem Namen „Yao“ bezeichnen, welcher mit dem erwähnten also in keinem Zusammenhang steht.

Die Versuche zur Nachahmung dieses s. Z. überaus geschätzten, zierlichen ostasiatischen Erzeugnisses in Europa führten zwar einstweilen nicht zum eigentlichen Ziel, indessen förderten sie zunächst noch eine Reihe anderer, porzellanähnlicher Waren an das Tageslicht, welche man unter dem Namen Frittenporzellan zusammenfassen kann. Dieser wenig umfangreichen und zumeist schon der Geschichte angehörenden Gruppe steht die überaus ausgedehnte Abteilung des Feldspatporzellans gegenüber. Schon der Name deutet darauf hin, daß bei seiner Gewinnung neben dem tonigen Bestandteil das Mineral „Feldspat“ eine wesentliche Rolle spielt, während in der erstgenannten Gruppe die „Fritte“, d. h. ein künstlich dargestelltes oder gewonnenes Erzeugnis die Flußmittelrolle des Feldspats übernimmt.

A. Frittenporzellan.

Das am Ende des 16. Jahrhunderts in Florenz aufgetauchte Florentiner- oder Mediciporzellan hat wegen der zweifellos sehr bedeutenden technischen Schwierigkeiten, welche seine Herstellung verursachte, eine größere Bedeutung nicht erlangt. Anders das in Frankreich und Belgien etwa 100 Jahre später eingeführte echte Frittenporzellan.

a) Französisches Frittenporzellan.
(Pâte tendre artificielle.)

Dieses Erzeugnis ist es, welches den Ruf der französischen Staatsmanufaktur von Sèvres begründet hat. Seine Fabrikation wurde bis zum Jahre 1805 fortgeführt. Die hierzu verwendete Arbeitsmasse hat mit den in der Tonindustrie sonst gebräuchlichen nur wenig gemein; sie erinnert in Bezug auf ihre Zusammensetzung mehr an die Versätze der Glasfabrikation. Nach Tenax: „Die Steingut- und Porzellanfabrikation“ wurde eine schöne Masse gebildet aus:

Fritte	75	Gwt.
Kreide	17	„
Kalkmergel	8	„
	100	

Die Fritte erschmolz man aus

geschmolzenem Salpeter	22,0	Gwt.
Kochsalz	7,2	„
Alaun	3,6	„
spanischer Soda	3,6	„
Gips	3,6	„
weißem Sand	60,0	„
	100,0	

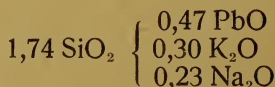
Nach dem Einfritten wurde die Masse feingemahlen und mit heißem Wasser ausgewaschen. Um ihr wenigstens einen ganz geringen Grad von Bildsamkeit zu geben, versetzte man sie mit schwarzer Seife, Traganthgummi u. dergl.

Die Herstellung von Gegenständen aus einer solchen Arbeitsmasse war natürlich mit großen Schwierigkeiten verknüpft, zu welchen sich außerdem noch die geringe Standfestigkeit im Feuer gesellte. Dennoch ist es gelungen, aus ihr mannigfachste und zierlichste Kunstgegenstände von bleibendem Wert zu schaffen.

Die angewandte Glasur entsprach in ihrer Zusammensetzung ganz derjenigen, die für die gewöhnliche Irdenware in Anwendung zu kommen pflegte. Nach Tenax bestand sie aus einer feingemahlenen Fritte von

Bleiglätte	38	Gwt.
gebrannter Kieselerde	38	„
Pottasche	15	„
Soda	9	„
	100	

was, vorausgesetzt, daß die Soda kalziniert war, ungefähr der Zusammensetzung:



$$1{,}74\ SiO_2 \left\{ \begin{array}{l} 0{,}47\ PbO \\ 0{,}30\ K_2O \\ 0{,}23\ Na_2O \end{array} \right.$$

entspricht. Besonders schöne Ergebnisse pflegte auch die Malerei mit den für das Porzellan gebräuchlichen, weiter unten beschriebenen Porzellanüberglasurfarben zu zeitigen.

Obwohl die Fabrikation in Frankreich wiederholt aufgenommen wurde, mußte sie wegen der Fabrikationsschwierigkeiten doch immer wieder eingestellt werden. Auch in Italien und England gewann die Herstellung des Frittenporzellans im 18. Jahrhundert eine große Ausdehnung.

b) Das englische Knochen- oder Beinporzellan.

Die Arbeitsmasse, welche diesem Erzeugnis zu Grunde liegt, fügt sich insofern besser in den Rahmen der Tonindustrie ein, als sie als wesentlichen Bestandteil Kaolin, also einen bildsamen Tonrohstoff enthält. Die in der Literatur angegebenen Zusammensetzungen für die Masse weichen stark von einander ab, so daß auch der Begriff „Knochenporzellan“ eine ganze Reihe von ähnlichen Erzeugnissen umfaßt. Der Gehalt an Mehl von gebrannten Rinderknochen, denn nur diese können wegen ihres Mangels an Eisenoxyd Verwendung finden, schwankt zwischen 40—50 v. H., derjenige des Kaolins, des china clays zwischen 20—30 v. H. Die übrigen Bestandteile setzen sich aus wechselnden Mengen von Pegmatit (Cornish stone), Feuerstein (Flint) und Fritte zusammen. Eine bewährte, mittlere Zusammensetzung ergibt sich aus dem Versatz:

Zettlitzer Kaolin	40	Gwt.
Knochenasche	40	„
Feldspat	10	„
Quarz	10	„
	100	

Die Bildsamkeit dieser Massen ist besonders nach einigem Lagern so groß, daß sie sich leidlich gut verarbeiten lassen, insbesondere auch durch das Gießverfahren. Ihre Garbrenntemperatur liegt in der Zone von SK 9 bis 11, also in derjenigen des Feldspatsteinguts, von welchem sie sich nur durch ihre hervorragende Lichtdurchlässigkeit, welche selbst bei noch nicht ganz dicht gebranntem Scherben auftritt, unterscheidet. Das Fabrikationsverfahren des Knochenporzellans ist daher auch ganz demjenigen des Steinguts angepaßt. Schon wegen der geringen Standfestigkeit des Scherbens im Feuer ist es notwendig, ihn — wie beim Steingut — zunächst ohne Glasur gar zu brennen. Um das Zusammen- oder Umsinken der Gegenstände zu vermeiden, werden sie zweckmäßig unterstützt und in Quarz- oder Feuersteinpulver eingebettet. Als Glasuren verwendet man ebenfalls ganz ähnliche oder die nämlichen, welche beim Feldspatsteingut gebräuchlich sind. Sie werden in einem zweiten, milderen Feuer, bei welchem ein Weichwerden des Scherbens nicht mehr eintreten kann, aufgeschmolzen.

Wegen seiner hervorragenden Lichtdurchlässigkeit, Leichtigkeit des Scherbens, der schönen Glasuren und der fast unbeschränkten Verzierungsfähigkeit hat sich das englische Knochenporzellan überall großer Beliebtheit erfreut und nahezu bis zur Gegenwart erhalten, obwohl oder vielmehr, weil es nur in geringer Menge auf dem Markt erschien. In neuerer Zeit scheint seine Darstellung indessen mehr und mehr in den Hintergrund getreten zu sein.

c) Parian.

Zur Herstellung von unglasierten, plastischen Kunstgegenständen ist das Knochenporzellan wegen seines kreideweißen, unschönen Aussehens nicht geeignet. Dazu gehören Arbeitsmassen, welche im Feuer nicht bloß eine hervorragende Lichtdurchlässigkeit, sondern zugleich auch ein angenehmes, ein wenig getöntes, an die Weichheit des Marmors erinnerndes Ansehen gewinnen. So sollte denn auch das „Parian“ dem Parischen Marmor ähnlich sehen. Es ist an sich weiter nichts, als ein aus einer großen Gruppe ähnlicher Fabrikate herausgegriffenes Erzeugnis. Wenn man Kaolin mit großen Mengen, bis zu 60 v. H., Feldspat versetzt und die so erhaltene Masse etwa bei der Temperatur des Kegels 9—11 brennt, so erhält man hochdurchscheinende, aber nicht weiße, sondern gelblich getönte Scherben. Sofern der Durchschein oder die Farbe oder beide nicht ganz nach Wunsch ausfallen, lassen sie sich leicht durch Zusatz zweckentsprechender Fritten, bezw. leicht farbig brennender Tone nach der gewünschten Richtung abändern. —

B. Feldspatporzellan.

Das Feldspatporzellan nimmt unter den sämtlichen keramischen Erzeugnissen den ersten Rang ein. In Bezug auf den Massenverbrauch kommt ihm nur das Feldspatsteingut, welches es vom Markt zu verdrängen nicht vermocht hat, einigermaßen nahe. Seine chemische Zusammensetzung schwankt in ziemlich weiten Grenzen. Ebenso wie der bildsame Anteil, die Tonsubstanz in wechselnder Menge in der Arbeitsmasse vorhanden sein kann, gilt das auch von den beiden anderen wesentlichen Bestandteilen, dem Feldspat und dem Quarz. Je nach dem Ansteigen oder der Abnahme des Hauptflußmittels, des Feldspats, fällt oder steigt die Garbrennhitze und je nachdem unterscheidet man Porzellan für niedrige, mittlere oder hohe Temperatur. Die beiden ersten Gruppen faßt man wohl unter dem Namen „Weichporzellan“ zusammen, welchem dann das „Hartporzellan“ gegenübersteht. Scharfe Grenzen sind auch hier, wie bei allen vorhergegangenen Gruppen keramischer Erzeugnisse, nicht zu ziehen. Die Hauptanforderungen, welche an das Porzellan gestellt werden, sind: tadellose Weiße, möglichst starke Lichtdurchlässigkeit, glatte, harte, glänzende Glasur, dünner und beim Anschlagen vollklingender Scherben sowie die Fähigkeit, plötzlichen Temperaturwechsel ohne Nachteil zu ertragen. Die letztere Eigenschaft wird besonders bei Porzellanen, welche technische Verwendung finden, sehr hoch eingeschätzt.

1. Porzellane für niedrige und mittlere Brenntemperaturen.

Nicht allein das Bestreben, durch Herabsetzung der Brennhitze des Porzellans an den Herstellungskosten zu sparen, sondern

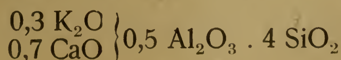
auch der Wunsch, in Bezug auf die ausgiebige Verwendung von Unterglasurschmuck und von farbigen Glasuren es den Chinesen und Japanern gleichzutun, führten zu mannigfachen Versuchen, Arbeitsmassen zu gewinnen, welche durch Erhöhung des Flußmittelgehalts eine niedrigere Brenntemperatur gestatteten und die gebräuchlichen Herstellungsverfahren doch nicht oder doch nicht wesentlich beeinflußten.

a) Das ostasiatische Porzellan,

welches hierbei zum Vorbild diente, bedarf in der Tat nur einer Garbrennhitze von Kegel 9 bis 11, während das europäische Hartporzellan im Sinne der Erfindung Joh. Friedr. Böttgers in Meißen eine solche von Kegel 14 bis 16 erheischt. Bei diesen letztgenannten hohen Hitzegraden fallen aber mancherlei bei niedrigeren Temperaturen noch gut anwendbare Farben und farbige Gläser bereits der Zerstörung anheim. Die Ergebnisse dieser Versuche befriedigten nicht immer, weil man bei ihnen ständig auf ein dem Hartporzellan stofflich ganz ähnliches Fabrikat hinarbeitete und übersah, daß die meisten sogen. ostasiatischen Porzellane in Wirklichkeit quarzreiche Feinsteinzeuge sind.

b) Das Segerporzellan.

Es führt seinen Namen nach seinem Erfinder Prof. Dr. H. Seger und ist für die erwähnte Richtung ganz besonders charakteristisch. Zu Gunsten des Quarzgehaltes (45 v. H.) und einer großen Menge von Flußmitteln (30 v. H.) tritt die Trägerin der Bildsamkeit, die Tonsubstanz bis auf 25 v. H. zurück. Weil die Bildsamkeit der Kaoline nicht mehr hinreichend war, um die Masse verarbeitbar zu machen, mußte zur Anwendung fetter Steinguttone geschritten werden. Man erhielt so zwar einen Scherben von erheblichem, aber doch schmutzig braungelbem Durchschein. Die Masse neigte überdies stark zur Entmischung, was wiederum zu starkem Ausfall bei der Fabrikation führte. Ihre Standhaftigkeit im Feuer (Kegel 9 bis 12) war nur gering, und die erzielten farbigen Verzierungen hielten einen Vergleich mit ihren Vorbildern nicht aus. Das Segerporzellan hat sich daher in die Industrie nicht einzuführen vermocht und gehört daher bereits der Geschichte an. Als Glasur verwendet man den Versatz des alten SK 4



$$\left.\begin{matrix} 0{,}3\ K_2O \\ 0{,}7\ CaO \end{matrix}\right\} 0{,}5\ Al_2O_3 \,.\, 4\ SiO_2$$

Bemerkt mag immerhin werden, daß es mit Hilfe dieses Porzellans dessen Entdecker möglich war, die in Europa lange vergeblich

angestrebte chinesische rote Kupferoxydulglasur fabrikmäßig darzustellen und in den Betrieb einzuführen.

c) Das neue Porzellan von Sèvres und die Thüringer Porzellanmassen.

Von der neuen Porzellanmasse von Sèvres, welche bald nach dem Segerporzellan erschien und denselben Zweck anstrebte, ist in der Literatur nur bekannt geworden (Kerl, Handbuch der Tonwarenindustrie, S. 1522), daß seine ursprünglich benützte Masse aus

44	Kaolin und
56	Pegmatit
100	

in hundert Gewichtsteilen bestand. Ihre Ausarbeitung erfolgte durch Lauth und Vogt. Die Glasur kommt der Zusammensetzung des Kegels 4 sehr nahe.

Von den mancherlei Thüringer, Böhmischen und Französischen Porzellanmassen ist nur zu erwähnen, daß sie bei ziemlich unterschiedlicher Zusammensetzung alle das gemeinsam haben, daß sie ihre Gare schon bei mittlerer Brennhitze erreichen, also zwischen dem Segerporzellan und dem eigentlichen Hartporzellan stehen. Sie verfolgen auch keine bestimmt ausgesprochenen Ziele, wie etwa das Segerporzellan und das „neue Porzellan" von Sèvres, sondern lehnen sich hinsichtlich des Scherbens, der Glasur und deren Verzierung ganz an das Hartporzellan an. Das Hauptbestreben geht dahin, bei möglichst hoher Lichtdurchlässigkeit reinen, ebenso weißen, glatten und klangvollen Scherben zu erreichen. Als mittlere Zusammensetzung mag etwa das folgende Schema gelten:

Tonsubstanz	40
Feldspat	28
Quarz	32
	100

Die Zusammensetzung der Glasur dürfte derjenigen der SK 11 bis 13 angepaßt sein.

2. Porzellane für höhere Brenntemperaturen.

Europäisches Hartporzellan.

Hierhin gehört das eigentliche, europäische Hartporzellan nach dem Muster der Böttgerschen Erfindung. Seine Darstellung wird insbesondere von den Staatsmanufakturen Meißen, Berlin und Kopenhagen, aber auch von einer Reihe von Privatfabriken gepflegt.

Man rühmt dem Hartporzellan, dessen Brenntemperatur mindestens Kegel 14, in der Höchsttemperatur aber Kegel 16 und mehr beträgt, wegen seines hohen Tonsubstanz- und geringeren Flußmittelgehalts eine größere Widerstandsfähigkeit hinsichtlich jähen Temperaturwechsels nach, eine Eigenschaft, welche es für Gebrauchsgeschirre im Haushalt und in der Technik besonders geeignet macht. Die Erlangung dieses höchst wertvollen Vorzuges ist indessen der Lichtdurchlässigkeit etwas abträglich, was wiederum zur Folge hat, daß diese Porzellane im allgemeinen schwerer verkäuflich als die hochlichtdurchlässigen, aber in der erwähnten Hinsicht minder gediegenen Fabrikate sind. Die mittlere Zusammensetzung dieser Porzellane entspricht ungefähr dem Schema:

Tonsubstanz	55,0
Feldspat	22,5
Quarz	22,5
	100,0

Die Massebereitung.

Rohstoffe.

Die Unterlagen sind für die meisten der weiter oben erwähnten Porzellane die gleichen, so daß sie im Nachfolgenden einer gemeinsamen Beschreibung unterzogen werden können. Obwohl eine allgemeine Abhandlung der hier maßgebenden Rohstoffe bereits weiter oben stattgefunden hat, so ist doch eine nochmalige kritische Betrachtung dieser im Hinblick auf ihre sonderliche Verwendung zur Porzellanfabrikation nicht zu umgehen. —

a) Kaoline oder Porzellanerden.

Man versteht unter dem Namen „Kaoline“ tonige Gebilde, welche auf ursprünglicher Lagerstätte ruhen und noch deutlich den Aufbau des Ursprungsgesteins, aus dem sie, durch Zerfall des Feldspatanteils, entstanden, erkennen lassen. Die für die europäische Porzellanfabrikation bedeutendsten Kaolinlager befinden sich im Granit, Pegmatit und im Porphyr. Dem Zerfall des erstgenannten Gesteins verdanken die weit verbreiteten Zettlitzer Kaoline, sowie die englischen in Cornwall ihre Entstehung. Im Pegmatit lagern die französischen von St. Yrieix, während die Halleschen aus zersetztem Porphyr hervorgegangen sind. Durch den Schlämmprozeß kann die feinverteilte, bildsame Kaolinsubstanz von den unverwitterten, gröberen Gesteinsbestandteilen, wie Quarz und andere Gesteinsbrocken, leicht befreit werden, während die Entfernung des oft

recht feinverteilten Glimmers nur unvollkommen gelingt. In diesem feingeschlämmten Zustande stellen die besten Zettlitzer und englischen Marken fast reine Tonsubstanz dar, welcher die chemische Zusammensetzung $2\,SiO_2 \,.\, Al_2O_3 \,.\, 2\,H_2O$ zukommt, während die Halleschen oder französischen geschlämmten Kaoline außer Tonsubstanz stets wechselnde Mengen an äußerst feinverteiltem Quarz enthalten. Auch der Gehalt an Feldspatresten ist nicht bei allen Kaolinen gleich groß. Es ist daher notwendig, sich vor der Zusammensetzung der Arbeitsmassen hierüber Gewißheit zu verschaffen und das Ergebnis bei der Versatzberechnung zu berücksichtigen. Feingeschlämmte Kaoline müssen das 9200-Maschensieb, ohne irgendwelchen Rückstand zu hinterlassen, durchlaufen. Eigene Schlämmereianlagen besitzen meist nur diejenigen Porzellanfabriken, welche im Besitz eigener Kaolingruben sind. In den meisten Fällen wird die Schlämmarbeit bereits bei den Gruben verrichtet, so daß der Feinkaolin von diesen in bereits versatzfähigem Zustande bezogen werden kann.

b) Porzellantone.

In der Umgebung von Kaolinlagern finden sich nicht selten sehr bildsame Tone von großer Reinheit und Feuerfestigkeit. Sie sind ohne allen Zweifel aus den anstehenden Kaolinen durch natürlichen Schlämmprozeß hervorgegangen. Ihre Verwendung ist mannigfach, zumal für Schamottewaren, zu denen auch die zur Porzellanbrennerei erforderlichen Kapseln gehören, zur Steingutfabrikation und endlich, im feinstgeschlämmten Zustande, auch als Versatzmittel zur Porzellanmasse, um dieser eine größere Bildsamkeit zu verleihen. Der Porzellanscherben wird durch diese Toneinverleibung dichter und weniger durchlässig für das Licht. Daraus folgt schon, daß der Tonzusatz nur für solche Porzellane in Frage kommt, bei denen es mehr auf das Ertragen jähen Temperaturwechsels, auf hervorragende Isolationsfähigkeit, Härte und nicht zuletzt auch Wohlfeilheit denn auf Lichtdurchlässigkeit ankommt, also für Porzellanmassen, aus welchen Erzeugnisse für den Bedarf der Technik gefertigt zu werden pflegen. Bei der Fabrikation sehr umfangreicher Stücke ist die starke Schwindung der Porzellanmasse, welche 14—16 v. H. beträgt, sehr hinderlich. Man wirkt dieser mit Erfolg dadurch entgegen, daß man geeignete Massen aus Porzellanton, Quarz und Feldspat mit einem möglichst hohen Prozentsatz von feingemahlenen, aus Kaolinmasse erbrannten, unglasierten Porzellanscherben versetzt.

c) Feldspate.

Die Hauptlieferanten für Feldspat für die Porzellanfabrikation in Europa sind Schweden und Norwegen. Kleinere Vorkommen

finden sich im Fichtelgebirge und in Böhmen. Der gebräuchlichste ist der Orthoklas, der Kalifeldspat, indessen kommen auch viele Oligoklase in den Handel und werden mit ebenso gutem Erfolg in Anwendung gebracht. Sorgfältigste Auswahl, namentlich hinsichtlich der Freiheit von Eisenoxyd und von größeren Quarzmengen ist dringend anzuraten, insbesondere sind auch schaumig einschmelzende zu verwerfen. Vorheriges Glühen vor der Zerkleinerung auf dem Kollerwerk ist bei der leichten Spaltbarkeit des Feldspates nicht notwendig. Das Feinmahlen erfolgt zweckmäßig in trockenem Zustande in Kugelmühlen, weil naßgemahlener Feldspat Neigung zur Absonderung aus der Masse besitzt. Die Mahlung muß so fein sein, daß ein 5400-Maschensieb ohne Rückstand durchlaufen wird. Der Schmelzpunkt der gebräuchlichen Feldspate liegt bei SK 10 bis 11. Das eingeschmolzene Pulver muß ein reinweißes, porzellanartiges, blasenfreies Glas bilden. —

d) Quarze.

Brauchbar für die Porzellanfabrikation ist jeder Quarzrohstoff, welcher sich durch Reinheit, insbesondere durch möglichstes Freisein von Eisenoxyd auszeichnet. Das trifft in der Regel bei den kristallinischen Gebirgsquarzen, bei den Feuersteinen, obwohl man diese meist der Steingutfabrikation überläßt, bei manchen Quarziten und Quarzsanden zu. Insbesondere die letzteren erfreuen sich deshalb großer Beliebtheit, weil sie der Grobzerkleinerung nicht mehr bedürfen, also bei mindestens ebenso großer Reinheit billiger zu beschaffen sind. Die Grobzerkleinerung der Quarze, Feuersteine und Quarzite macht ein vorheriges Glühen der Gesteine, der Auflockerung halber, erforderlich, aber trotzdem bedarf es zur Vorzerkleinerung noch starker und kostspieliger maschineller Anlagen. Das alles fällt beim Quarzsand fort, er kann direkt, am besten mit den übrigen Versatzmitteln feingemahlen und so dem Versatz in feinster Verteilung einverleibt werden. Das Feinmahlen des Sandes für sich allein empfiehlt sich aus dem Grunde nicht, weil das Mahlgut wegen geringen Alkaligehaltes die üble Eigenschaft besitzt, im Ruhezustande der Mühle sich sehr fest abzusetzen und die Flintkugeln mit einander zu einem Block zu verkitten, der beim Anfahren nicht selten Anlaß zum Bruch der Maschine gibt. Feingemahlener Quarzrohstoff muß ein 5400-Maschensieb glatt durchlaufen, besser noch ein solches von 9200 Maschen auf dem Quadratzentimeter.

e) Sonstige Rohstoffe.

Anstelle der reinen Feldspate und Quarze kommen nicht selten eisenarme Pegmatite, Quarzspate und Felsitporphyre im frischen

oder auch im verwitterten Zustande als billigere Ersatzmittel zur Anwendung. Ein geringer Kalkgehalt, der manchen Porzellanen eigen ist, wird der Masse in Gestalt von feingemahlenem Marmor oder von Knochenasche einverleibt. Allzugroßer Schwindung pflegt man durch Zusatz von feingemahlenen, gutgebrannten Abfallscherben vorzubeugen. Sie können sich sowohl von glasiertem wie von unglasiertem Porzellan herleiten. Im ersteren Fall muß allerdings auf die Glasur, welche als Flußmittel wirkt, Rücksicht genommen werden. Sie bedeutet eine, wenn auch nur kleine, Ersparnis an Feldspat.

Die Massebereitungsverfahren.

Jedes Massebereitungsverfahren stützt sich zumeist auf ein erprobtes oder als erprobt geltendes Schema, welches den Gehalt an Tonsubstanz, Feldspat und Quarz in 100 Gewichtsteilen festlegt. Die ihrer rationellen Zusammensetzung nach bekannten tonigen Versatzstoffe sind daher in solchen Mengen zu wählen, und ebenso sind die Zusätze an Quarz und Feldspat so einzurichten, daß das Ganze dem vorgeschriebenen Schema möglichst gerecht wird. (Über die Methoden zur Feststellung des Trockengehalts in Tonbreien sowie zur Masseberechnung vergl. Ker. Rechn. III, S. 125.) Nach dem Abwiegen der errechneten Mengen der trockenen und dem Abmessen der breiigen Bestandteile beginnt der ungemein wichtige Prozeß ihres möglichst innigen Durcheinandermischens. Das älteste Verfahren begnügt sich damit, die mit Wasser angemischten, feingemahlenen Mineralmehle durch ein feines Sieb in den aufgeschlämmten Kaolinbrei gelangen zu lassen. Nach längerem Durchmischen unter Umrühren läßt man das Ganze noch ein- oder zweimal ein feines Rüttelsieb durchlaufen. Für größeren Bedarf bedient man sich der Mischquirle, maschineller Vorrichtungen, in welchen die innige Vermischung des Kaolinbreies mit den Zusatzstoffen durch energisches Zusammenquirlen erfolgt. Bei Porzellanmassen, aus denen lediglich technische Artikel hergestellt werden sollen, kann mit dem Quirl- zugleich auch ein Schlämmprozeß verbunden werden, insofern, als man den Masseversatz aus ungeschlämmten Rohstoffen, deren Feingehalt man natürlich kennen muß, berechnet und die Trübe später über geeignete Schüttelsiebe streichen läßt, welche die groben Bestandteile zurückhalten.

Die beste Mischungsweise ist diejenige in der Kugelmühle. Waren die Versatzstoffe bereits feingemahlen bezw. geschlämmt, dann vollzieht sich die innigste Mischung in kürzester Zeit, waren sie es nicht, so genügt 2, 4, 6, 8 bis 12 stündiges Mahlen — die Zeit richtet sich je nach der Menge der groben Bestandteile — vollständig, um

sie in das feinste Pulver überzuführen, welches das 9200, mindestens aber das 5400-Maschensieb, ohne Rückstand zu hinterlassen, glatt durchsinkt. Bedingung bei jedem Mahlen ist freilich, daß die Mengen an Mahlgut und Wasser so vorteilhaft gegeneinander abgestimmt sind, daß die größtmögliche Mahlwirkung erreicht wird.

Der auf die eine oder die andere Weise gewonnene Massebrei wird auf der Filterpresse vom überschüssigen Wasser befreit und zur Erhöhung der Bildsamkeit der oft recht wenig bildsamen Kaolinmasse mindestens 4 Wochen lang feucht gelagert. Während dieser Zeit vollzieht sich der seinen Ursachen nach noch nicht überzeugend ergründete Maukprozeß. Unter dem Einfluß der geringen Mengen an Alkalien, welche sich unzweifelhaft von dem beigemischten Feldspatpulver ablösen, wird nicht nur die Tonsubstanz, welche Alkalien gegenüber bekanntlich sehr empfindlich ist, in ihren Eigenschaften verändert, sondern wahrscheinlich auch der Bildung schleimiger kolloider Bestandteile organischer Natur Vorschub geleistet. Wie dem aber auch sein mag, der Erfolg ist in jedem Falle ein erstaunlich großer.

Nach der Lagerung bedarf die Masse nur noch der Aufbereitung durch die Masseschlagmaschine oder durch die Hand des Gestalters oder durch beide, um alsbald zur Verarbeitung auf der Drehscheibe oder in der Form fertig zu sein.

Das Gießverfahren erfordert einen dicklichen Massebrei. Dieser wird entweder aus gelagerter Kellermasse durch Aufschlämmen in durch Sodalösung alkalisch gemachtem Wasser (2 g krist. Soda auf 1 Liter Wasser) gewonnen, oder man benützt bei der Massemahlung den von der Mühle kommenden Massebrei mit oder ohne Zusatz von Soda zu dem nämlichen Zweck, indem man ein etwaiges Zuviel an Wasser durch Absitzenlassen der Trübe entfernt. Ersteres Verfahren ist vorteilhafter.

Die Versuche im Laboratorium haben auch hier bezüglich ihres Verfahrens sich möglichst an die technischen Möglichkeiten im großen anzulehnen, sofern sie nicht belanglos sein wollen. Die gröbliche Vorzerkleinerung fester mineralischer Rohstoffe erfolgt mit Hammer und Amboß, Mörser und Reibschale, das Feinmahlen durch Reiben auf der Palette oder bei größeren Proben in der Kugelmühle. Zum Schlämmen und Mischen dienen Siebe von der nötigen Feinheit, zur Entfernung des Wassers geeignete, saubere Gipsplatten. Das Verformen geschieht, wie weiter oben angegeben, und auch das Gießverfahren kann bei Vorhandensein von geeigneten kleinen Gipsformen in ausgiebigstem Maße ausgeübt werden.

Das Gestalten.

Die Gestaltung äußert sich beim Porzellan in mehrfacher Weise. Die älteren Verfahren gründeten sich fast ausschließlich auf die Dreh- und Formarbeit. Wegen der unbedingt anzustrebenden tadelfreien Form und der Gleichartigkeit der zusammengehörigen Porzellangegenstände unter sich mußte die Gestaltung durch Freidrehen sich auf bloße Vorarbeit beschränken oder ganz dem Ein- oder Ueberdrehen in oder über die Gipsform mit Zuhilfenahme der von freier Hand geführten oder von einer mechanischen Vorrichtung gehaltenen Schablone. Bei ovalen Formen konnte dieses für kreisrunde Stücke ohne weiteres anwendbare Verfahren nur bei vereinzelten einfachen Stücken durch die Benützung der Ovaldrehscheibe in Anwendung kommen. Alle übrigen fielen der Blattformerei in der zerlegbaren Gipsform anheim. Sehr verwickelt aufgebaute Stücke formt man nach einzelnen zu einander passenden Teilen in je einer Gipsform für sich und setzt sie dann erst durch Verkittung mit Masseschlicker zu einem Ganzen zusammen. Neuerdings ist die Gestaltung durch das Sodagießverfahren insofern wesentlich vereinfacht, als es gelingt, selbst vielgegliederte Gegenstände mit einem Guß und in einem Stück in der zerlegbaren Gipsform fertigzustellen. Die auf irgend eine Art gewonnenen Gegenstände bedürfen, wenn sie aus der Form gekommen sind, natürlich noch einer sorgfältigen Ueberarbeitung, um sie von allen Formnähten und Unvollkommenheiten zu befreien und zur weiteren Behandlung zuzurichten.

Das Trocknen.

Das Trocknen der Porzellangegenstände erfordert, zumal bei reichgegliederten Stücken, viel Sorgfalt und Beobachtung, weil damit zugleich zuweilen nicht unbeträchtliche Schwindung verbunden ist, die, wenn sie an einer Stelle oder Seite vor der anderen vorauseilt, Bruch im Gefolge haben kann. Beschleunigtes Trocknen wird daher gern überhaupt vermieden. Spannungsfreie Stücke (Vergl. hierüber d. Verf. „Ueber die Schwindungsvorgänge . . ., Sprechsaal 1919, Nr.45—47) sind beim Trocknen natürlich leichter zu behandeln als solche, die damit behaftet sind. Alles Verziehen, Werfen, Abweichen von der genauen Form, Einreißen, teilweises oder gänzliches Ablösen einzelner angeschlickerter Teile vom Ganzen usw. deuten auf Spannungen im Innern des Gegenstandes und lassen kein befriedigendes Ergebnis erwarten.

Der Verglühbrand.

Die aus den Arbeitsmassen gewonnenen Werkstücke werden, mit wenigen Ausnahmen (technische Porzellane, Isolatoren usw.),

zunächst einem Schwachbrand ausgesetzt. Seine Temperatur muß möglichst Silberschmelzhitze 07a erreichen oder nur wenig darunter bleiben. Man benutzt zum Verglühen bei den Etagenöfen gewöhnlich das vom Glattbrand abziehende Feuer, welches das über dem Glattbrennraum liegende Verglühgewölbe in der Richtung von unten nach oben durchstreicht. Dieser Vorbrand hat ursprünglich lediglich den Zweck verfolgt, die im trockenen Zustande ziemlich zerbrechlichen Porzellangegenstände etwas stabiler zu machen, sodann die nach dem Verglühen viel beträchtlichere Saugfähigkeit des Scherbens zum bequemen Aufbringen der Glasur (Tonind.-Zt. 1908, S. 1410) oder auch zu der etwa außerdem noch anzubringenden Unterglasurmalerei zu benutzen. Daß der Verglühbrand indessen eine noch sehr viel weitergehende, u. U. die ausschlaggebende Bedeutung des ganzen Brandes besitzt, wurde schon beim Feinsteinzeug gezeigt. Er ist, wie dort, unter allen Umständen so weit zu führen, daß das chemisch gebundene Wasser aus dem Kaolin gänzlich vertrieben wird, denn erst dann kann eine Reinigung des Scherbens vom eingelagerten Kohlenstoff erfolgen. Für alle Waren, welche ohne vorangegangenes Verglühen dem Glattbrand entgegengeführt werden, gilt das in erhöhtem Maße. (Vergl. d. Verf.: Ueber die Vorgänge beim Brennen keram. Waren. Sprechsaal 1919, Nr. 10, 11, 12.)

Die Porzellanglasur.

Porzellanscherben und Glasur können wegen der durch die teilweise Verglasung hinreichenden Widerstandsfähigkeit des ersteren gegen Spannungen in e i n e m Feuer fertiggebrannt werden. Die Höhe der Temperatur, bei der dies geschieht, SK 11 bis 16, versetzt den Fabrikanten, wie beim Feinsteinzeug, in die Lage, von den leichtschmelzbaren oder Leichtschmelzbarkeit bewirkenden Bestandteilen wie Bleioxyd, Borsäure, Fritten u. dergl. ganz abzusehen und lediglich solche Glasversätze zu benützen, welche erst in der Nähe der Gare, d. h. nach beendigter Schwindung des Porzellanscherbens in Fluß geraten und außerdem durch ihre Härte, Hochglanz und Gediegenheit den Wert der erzeugten Ware zu erhöhen vermögen. Hierzu gehören geeignete Gemische von Alkali-, Alkalierd- und Tonerdesilikaten innerhalb der Grenzen etwa, wie sie vom Verf. (Ker. Rechn. III, S. 69) gezogen worden sind:



$$6—12\ SiO_2\ .\ 0{,}5—1{,}2\ Al_2O_3\ .\ RO.$$

Die weiteren Grenzen zwischen dem Kieselsäure- und Tonerdegehalt erklären sich aus dem Umstande, daß der Begriff „Porzellan“, wie ja schon weiter oben gezeigt wurde, so viele im Garpunkt weit von einander abweichende Erzeugnisse umfaßt.

Die Rohstoffe zur Porzellanglasur sind der Hauptsache nach die nämlichen, welche bereits zur Herstellung des Scherbens in Betracht kamen. Also Kaolin, Feldspat, Quarz, Marmor, Pegmatite, Felsitporphyr, Abfallscherben, Abfallmasse usw. Dazu gesellen sich noch Dolomit, Magnesit, Witherit, Strontianit, überhaupt alle farbstoffreien oder farbstoffarmen mineralischen Stoffe, welche sich zur Herstellung strengflüssiger, aber wohl geflossener und glanzvoller Gläser eignen. Zwischen dem Scherben und der Glasur besteht überhaupt nur insofern ein Unterschied, als die letztere früher zu Glas zusammenschmilzt, als der erstere. Eine wesentliche Anforderung ist diejenige, daß der Glasurbrei sich im Wasser gut schwebend erhält und keinerlei Neigung zur Entmischung zeigt. Es ist daher notwendig, daß darin Stoffe, wie Rohkaolin oder gelagerte Masse enthalten sind. Ebenso ist Magnesit ein sehr geeignetes Mittel zu dem nämlichen Zweck. Allerfeinste Vermahlung und Mischung der Einzelbestandteile ist selbstverständlich. Gelegentlich empfohlene Zusatzstoffe organischer Natur sind hier noch entbehrlicher, wie anderswo. Das nämliche gilt von den oft gehörten Warnungen vor zu feinem Mahlen. Uebelstände, die sich daraus etwa ergeben, sind ausnahmslos durch zweckmäßige Wahl der Rohstoffe zu beseitigen.

1. Arten der Glasur.

a) Farblose Glasur.

Die farblosen Glasuren nehmen bei weitem den größten Rang ein, weil die allerfeinsten Porzellane unverziert in den Handel gebracht zu werden pflegen. Von einer guten Porzellanglasur wird nicht nur verlangt, daß sie dauernd haarrissefrei auf dem Scherben sitzt, mit diesem ein Ganzes bildet, glatt und möglichst bläschenfrei ausschmilzt, Spiegelglanz zeigt und dabei hart und widerstandsfähig gegen äußere Angriffe ist, sondern auch, daß zwischen ihr und dem Scherben keine oder nur möglichst geringe Spannungen bestehen. Letztere sind auf Unterschiede in den Ausdehnungs- und Zusammenziehungsverhältnissen beider zurückzuführen. Sie können eine derartig unliebsame Wirkung ausüben, daß stark gespannte Gegenstände oft schon aus freien Stücken oder bei Erschütterung, plötzlicher Erwärmung oder Erkältung mit explosionsartigem Geräusch zerspringen. Geringere Spannungen sind schwieriger festzustellen, indessen besteht zwischen damit behaftetem und davon freiem Porzellan in Bezug auf das Ertragen rücksichtsloser Behandlung, insbesondere bei jähem Temperaturwechsel, ein so großer Unterschied, daß auch sie bald erkannt sind. An Maßnahmen zur sicheren Abstellung solcher Uebel mangelt es

zur Zeit noch vollständig, weil diese kleinen und doch so wirksamen Unterschiede der Messung schwer zugänglich sind; indessen gelingt es auch auf dem Wege des Versuchs, schnell zum Ziel zu gelangen. Zu bemerken bleibt noch, daß die Glasuren für weißes Porzellan oder für Ueberglasurverzierung zweckmäßig aus etwas getrübten Gläsern bestehen, während diejenigen für alle Arten von Unterglasurschmuck klar sein müssen, damit die Malerei deutlich zum Vorschein kommt. Magnesiareiche Glasuren eignen sich meist für den ersteren, kalkreiche für den zuletzt genannten Zweck. Zu beachten bleibt, daß sehr kalkreiche Glasuren stets eine wenig angenehm wirkende bläulich-grüne Färbung besitzen.

b) Farbige Glasuren.

Mit der Steigerung der Brenntemperatur keramischer Erzeugnisse geht die Abnahme der Färbemittel Hand in Hand. Bei den hohen Porzellanbrenngluten sind es nur noch einige wenige färbende Oxyde, welche brauchbare Ergebnisse zu liefern imstande sind. So das Kobaltoxyd, welches gerade bei den hohen Temperaturen schöne blaue Farbtöne entwickelt. Nicht ganz so zuverlässig ist das Chromoxyd für Grün. Eisen- und Manganoxyd bringen nur unbedeutende Färbungen in der Glasur hervor. Uranoxyd liefert Schwarz, aber nur im reduzierenden Feuer, Nickeloxyd ein mäßiges Kaffeebraun. Etwas günstiger liegen die Verhältnisse bei den sogen. Weichporzellanen, deren Existenz sich ja auch vielfach auf diesen Umstand zurückführt. Bei ihnen ist auch das Kupferoxydul zuweilen noch erfolgreich, obwohl die besten Ergebnisse mit diesem Färbemittel beim Feinsteinzeug erzielt werden. Durch Vermischung der Grundfarben in den verschiedensten Verhältnissen ist es möglich, eine ganze Reihe von schöngefärbten Zwischenfarbtönen darzustellen. Im Grunde sind die einzelnen farbigen Glasuren, ebenso wie beim Feinsteinzeug, weiter nichts als farblose Glasur, welche mit einigen Prozenten an färbendem Metalloxyd fein vermahlen worden ist. So beim Kobaltoxyd mit ca 3—5, beim Chromoxyd mit 1—3, beim Uranoxyd mit 3—4, beim Nickeloxyd mit 2—3 v. H. usw. Bei feinen farbigen Gründen ist es besser, die färbenden Oxyde vorher mit irgend einer Fritte, wie sie bei Steingutglasuren gebräuchlich sind, auch bleioxydhaltige sind geeignet, zusammenzuschmelzen, für sich fein zu vermahlen und nun erst der farblosen Glasur zur Mühle zuzusetzen. Auf diese Art wird eine feinere Verteilung des färbenden Stoffes erreicht.

c) Haarriß- oder Craqueléglasuren.

Alle Glasuren, welche stärker schwinden als der Scherben selber, bedecken sich mit einem Netz von feinen Haarrissen, welches

bald eng-, bald weitmaschig erscheint. Im ersteren Fall gewinnt es, namentlich bei schwachgetönten Glasuren oder ebenso behandelten Scherben, verzierende Eigenschaften, welche durch Ausfärbung der feinen Risse erhöht werden können. Ueber die Technik des Ausfärbens der Risse vergl. die Angaben beim Steinzeug und Steingut.

d) Sonstige Glasuren.

Das Verhältnis zwischen den saueren und basischen Bestandteilen bei den Glasuren schwankt in der Regel zwischen 2—3 : 1. Nähert es sich dagegen dem Verhältnis 1 : 1, so pflegt in nicht seltenen Fällen völlige Entglasung durch Mattwerden einzutreten. Diese Mattglasuren entbehren nicht des Reizes, insbesondere, wenn sie in zartgetönter Form auftreten. Erfordernis ist, daß sie vorher vollkommen durchschmelzen und erst während des Abkühlens entglasen, so daß sie sich weich und glatt anfühlen und noch einen geringen Fettglanz erkennen lassen.

Die zeitweise so beliebten Kristallglasuren werden leicht erhalten, wenn man gewöhnliche, farblose oder leichtgetönte Glasuren durch Zinkoxyd neutralisiert und auf diesen Gründen zinkoxydreiche, grobgepulverte, gefärbte oder ungefärbte, tonerdefreie, aber alkalireiche Fritten anbringt, welche beim Abfließen bei der Glasurschmelztemperatur eine Kristallisation der Glasur in sternförmig angeordneten Nadeln hervorzubringen pflegen. Auch Titansäure, in Form von Rutil zur neutralen Glasur zugesetzt, eignet sich für diese Arbeit, desgleichen Mischungen von Titansäure und Zinkoxyd.

Sogenannte Lauf- oder Ueberlaufglasuren erhält man durch Vermischen der gewöhnlichen Glasuren mit Fritten, wie sie bei den Steingutglasuren gebräuchlich sind oder mit diesen Glasuren selber — gleichgültig, ob sie bleioxydhaltig sind oder nicht — in verschiedenen Verhältnissen, doch meist so, daß die Fritte oder Steingutglasur den kleineren Teil der Mischung bildet. Man erhält auf diese Weise, namentlich wenn die Ueberlaufglasuren auf geeigneten starren Grundglasuren angebracht werden, ganz vorzügliche Wirkungen, weil die Färbekraft der Oxyde durch das Vorhandensein der Fritten ungemein belebt wird. Beimengungen nicht oder nur wenig färbender Stoffe, wie Titansäure, Zinkoxyd, Antimonoxyd u. a. tragen nicht selten zur Hervorbringung eigenartiger Wirkungen erheblich bei.

Bemerkt sei noch, daß alle diese farbigen Erscheinungen, auch die der Mattglasuren, sich am vorteilhaftesten entwickeln, je niedriger die Gartemperatur sich stellt, also am besten auf den sog. Weichporzellanen.

2. Die Herstellung der Glasur und das Glasieren.

Was die Berechnung von Glasurversätzen nach einer gegebenen Formel anlangt, so ist das Nötige darüber in des Verf. Ker. Rechn. III u. a. S. 69 angegeben.

Die Versatzstoffe werden zusammengewogen und mit der erforderlichen Menge Wasser auf die Kugelmühle gegeben. Die Wassermenge hängt in jedem Fall von der Art des Versatzes ab, muß also ausgemittelt werden. Erforderlich ist, daß die Kugeln die nötige Bewegungsfreiheit haben, indessen darf die Wassermenge andrerseits das notwendige Maß auch wieder nicht überschreiten, damit sich das Mahlgut dem Zerreibungsprozeß nicht zu sehr zu entziehen vermag. Die Korngröße der einzelnen Bestandteile des Mahlguts darf Linsengröße nicht erheblich überschreiten, insbesondere nicht bei Mühlen von geringem Durchmesser und geringer Kugelfallhöhe. Die Mahldauer richtet sich nach der mehr oder weniger zweckmäßigen Beschickung, der Mahlgutmenge und ihrer Vorzerkleinerung. Sie kann in 15—20—25 Stunden vollkommen beendet sein. Das Mahlgut muß ein 9200-Maschensieb, ohne einen wesentlichen Rückstand zu hinterlassen, durchlaufen.

Nach dem Abfüllen und Absitzen der Glasur kann überschüssiges Wasser, in welchem natürlich keine Glasurbestandteile gelöst sein dürfen, entfernt werden. Der Glasurbrei wird darauf durch Umrühren gleichartig gemacht und „eingestellt". Findet man nämlich nach dem Eintauchen und Herausziehen eines verglühten Stückes, daß in der hierzu erforderlichen Zeit sich eine übermäßig dicke Schicht von Glasur an dem porösen, also saugend wirkenden Scherben angesetzt hat, so wird solange Wasser nachgefüllt, bis die passende Verdünnung erreicht ist.

Die von dem anhaftenden Staub befreiten Gegenstände werden nun in flotter Folge kunstgerecht eingetaucht und alsbald wieder herausgezogen. Die durch die Saugkraft des Scherbens aufgelagerte Glasurschicht muß alsbald fest am Scherben haften und darf auch nach dem völligen Trocknen sich beim Angriff mit den Händen nicht loslösen oder in erheblicher Menge an diesen haften bleiben. Nach erfolgtem Verputzen und dem Ausbessern kleiner Fehler ist der Gegenstand zum Glattbrand fertig.

Bei feinen Bechertassen, figürlichen Gegenständen usw. wird es zuweilen notwendig, sie erst nach dem ersten Gutbrande zu glasieren, also in einem Zustande, bei dem die Porosität nicht mehr mitwirkt. Es geschieht das entweder durch Anbrausen oder durch Beschütten. Im ersteren Fall bedient man sich dazu geeigneter Sprühapparate, durch welche der Glasurbrei zerstäubt und an den bewegten Gegenstand angeblasen wird, im letzteren Fall wird die Glasur, welche zu diesem Ende zweckmäßig Magnesit oder Dolomit

enthält, so stark eingestellt, daß sie die Form eines dicklichen Breies annimmt. Mit diesem letzteren wird der Gegenstand beschüttet, worauf man den Ueberfluß kunstgerecht unter vielem Drehen, Wenden und Schwenken ruckweise wieder abschleudert. Die hängenbleibende Schicht ist ausreichend, um den Gegenstand in einem zweiten Brande mit einer schönen Glasurschicht zu überziehen.

Selbstverständlich ist, daß jeder auf die eine oder andere Art glasierte Gegenstand, bevor er dem Glattbrande anvertraut werden kann, zunächst einer sorgfältigen Nachprüfung unterzogen wird. Die Vertiefungen, welche zuviel Glasur erhielten, werden vom Uebermaß befreit, und die Höhen, wo in der Regel zu wenig haften blieb, erhalten eine Verstärkung. Sollen einzelne Stellen oder erhabene Verzierungen von Glasur frei bleiben, so überzieht man sie vor dem Eintauchen mit einer Lösung von Wachs in Terpentinöl, wodurch sie ihre Saugfähigkeit einbüßen. Ebenso verfährt man, wenn an ein und demselben Stück verschiedene Glasuren anzubringen sind. Vor dem Tauchen werden alle diejenigen Stellen durch Wachsanstrich isoliert, welche nicht in Mitleidenschaft gezogen werden sollen. Das Wachs verbrennt später, ohne einen Rückstand zu hinterlassen.

Das Verfahren bei Glasurversuchen im Laboratorium ergibt sich aus dem Obigen ohne weiteres. Bei Versuchen in kleinstem Maßstabe tritt an die Stelle der Kugelmühle die Glaspalette oder bei bereits feingemahlenen Rohstoffen das feinmaschige Schlämmsieb. Färbende Substanzen müssen immer mit der Grundglasur innigst verrieben oder vermahlen werden, damit sie sich in dieser aufs feinste verteilen und somit zu bestmöglicher Wirkung gelangen.

Der Gut- oder Glattbrand des Porzellans.

Die Porzellane gehören zu denjenigen keramischen Erzeugnissen, welche im Feuer ziemlich weich werden und starke Schwindung erleiden. Sie sind daher nicht imstande, mehr als ihr eigenes Gewicht und bei starker Ausladung auch das noch nicht einmal zu tragen. Dieser und der weitere Umstand, daß sie vor dem eisenhaltigen, also färbend wirkenden Flugstaub geschützt werden müssen, macht es erforderlich, daß sie in Kapseln aus feuerfestem Ton gebrannt und nicht selten auch noch Unterstützung erfahren müssen. Weil sie zugleich mit der Glasur fertig gebrannt werden, dürfen sie sich außerdem nicht berühren und müssen dort, wo die Berührung mit anderen Gegenständen, so mit der Unterlage, auf der sie ruhen, unvermeidlich ist, unglasiert sein. Wegen der starken Schwindung im Feuer ist die Möglichkeit leichter Beweglichkeit auf der Unterlage unerläßlich. Denn gestörter Schwindeprozeß würde Zerreißung des Stückes oder doch starkes Verziehen der Form zur

Folge haben. Schwere oder sonst empfindliche Stücke pflegt man daher auf eine Unterlage aus der nämlichen Masse zu stellen und diese wiederum so auf eine Schamotteunterlage zu legen, daß sie sich leicht zu bewegen, also zusammenzuziehen vermag. Als Zwischenschicht dient ein Anstrich mit einem Brei von gleichen Teilen Kaolin und ungemahlenem, nicht zu grobem Quarzsand nebst einer leichten Ueberpuderung dieses durch die trockene Mischung. Ebenso wird die Unterlage selbst auf der dem Gegenstand zugewendeten Seite, wenn auch leichter, behandelt, um ein Zusammenbacken auszuschließen. Etwaige Stützen sind ebenfalls aus der nämlichen Masse, aus der der Gegenstand besteht, gefertigt. Sie müssen selbstverständlich auf der Porzellanunterlage aufruhen, damit sie dem Schwindungsprozeß auch in wagerechter Richtung zu folgen vermögen. Die Berührungsstellen der Stützen mit dem Gegenstand bleiben glasurfrei, wenn sie größere Flächen bilden und werden möglichst so gewählt, daß sie verdeckt bleiben bezw. nicht ins Auge fallen. Ganz beseitigt können sie nur in einem zweiten Brande in mildem Feuer werden, wo der Gegenstand der Stützen nicht mehr bedarf, wo aber die Glasur, mit welcher die Fehlstellen versehen sind, dennoch in Fluß gerät. Hohlgegenstände, die kreisrund bleiben sollen, werden immer mit geeigneten Spannringen versehen, welche ein Verziehen verhindern und später entfernt werden. Die nicht glasierten Berührungsstellen pflegt man entweder zu polieren oder in einem zweiten Brande mit Glasur zu versehen.

Große Sorgfalt ist auf die Auswahl des feuerfesten Tones zu legen, aus welchem die Kapseln und die Schamotte-Unterlagen (Pumbse) gefertigt werden. Am besten hierzu eignen sich Tone, welche in der Nähe von Kaolinlagern anstehen und ohne Zweifel aus diesen einst hervorgegangen sind. Sie werden, je nach Aufnahmevermögen, mit gekörnter Schamotte, d. i. scharfgebranntem, dann zerbrochenem, zwischen Walzen zerdrücktem Ton von bestimmter, durch Sichtung des Zerkleinerungsproduktes durch Siebe von geeigneter Maschen- oder Lochweite gewonnener Korngröße versetzt, um die Schwindung auf ein geringes Maß herabzusetzen und ihnen die Empfindlichkeit gegen jähen Temperaturwechsel zu nehmen. Die Korngröße der Kapselschamotte pflegt Linsengröße nicht zu übersteigen und unter Stecknadelkopfgröße nicht herabzugehen. Bei den Schamotte-Steinen, -Platten und -Unterlagen pflegt man dagegen auch feineres Korn und Schamottemehl ausgiebig zu verwenden. Kapselringe von gleichem Durchmesser, wie die Kapseln selber, dienen als Zwischenstücke beim Einbau von hohen Gegenständen. Je nach der Form der einzubauenden Gegenstände unterscheidet man eine ganze Anzahl von kreisrunden Kapseln und Ringen von kleinem bis zu recht beträchtlichem Durchmesser, ferner ovale, viereckige und dergleichen.

Durch das Aufeinandertürmen der gleichnamigen Kapseln im Ofenraum erhält man Säulen davon, sogen. Kapselstöße. Man stellt sie nie so dicht zusammen, daß sie sich gegenseitig berühren, sondern läßt etwa 2—3 cm breite Gassen zwischen ihnen, verfestigt sie jedoch gut gegeneinander durch Schamottestücke, welche mit frischer Schamottemasse als Mörtel festgemacht werden. Diese und diejenigen größeren Zwischenräume, welche durch das Nebeneinanderstellen dreier kreisrunder Säulen ohnehin entstehen, dienen der Flamme zum Durchtritt. Beachtet man, daß die erhitzte Luft sich stark ausdehnt, so wird man verstehen, daß ein sehr dichter Einsatz schädlich sein muß, weil er den Zug hemmt und somit ein gleichmäßiges und verhältnismäßig schnelles Ansteigen der Temperatur im ganzen Ofenraum verhindert. Ebenso schädlich ist ein zu weiter Abstand der Stöße, weil durch zu starken Zug und mangelhafte Berührung der Flamme mit dem Einsatz viel Wärme ungenützt durch die Esse entweicht.

Ueber die Leitung des Brandes ist das Erforderliche bereits beim Feinsteinzeug gesagt worden. Auch hier ist der richtig durchgeführte, meist aber zum eigenen Schaden als nebensächlich angesehene Verglühbrand die Hauptsache. Das nämliche gilt von den Kapseln, welche ebenfalls vorgeglüht werden und bei denen der Verglühbrand als noch belangloser betrachtet wird. Das geschieht mit Unrecht, denn ein gutverglühter Porzellangegenstand in einer zu schwach verglühten, also noch wasserhaltigen Kapsel ist ebenso gefährdet, wie in dem umgekehrten Fall oder noch mehr. — Während der Glasurschmelze und bis zur Gare wird reduzierende, also lange Flamme stets von günstiger Wirkung auf das Ergebnis sein.

Zur Zeit der Hochglut und während des Abkühlens bis zur hellen Rotglut befindet sich der ganze Ofeninhalt, wie bereits erwähnt, im zähflüssigen Zustande, ähnlich dem im Feuer bis zur Erweichung erhitzten Glase. Das gilt, wenn auch in eingeschränkterem Maße, von den Kapseln und sonstigen Schamottegegenständen. Schnelles Kühlen kann den Gegenständen daher, solange dieser Zustand andauert, nicht schaden. Die Erstarrung und damit derjenige Zeitraum, in welchem die Ware sowohl wie die Kapseln gegen schnelle Kühlung empfindlich werden, tritt erst beim allmählichen Verschwinden der Rotglut ein, bei den Schamottegegenständen allerdings etwas früher. Während dieses Zeitpunktes ist langsames Kühlen unerläßlich.

Richtig gebrannte Porzellane müssen einen klaren Durchschein besitzen, von einer spiegelnden, bläschenfreien Glasur bedeckt sein und beim Anschlagen einen hellen Klang hören lassen. Gelblicher oder gelbgefleckter Durchschein, simmerige, graubläulich erscheinende Glasur und dumpfer Klang deuten auf Ungare, mehr noch auf starke Kohlenstoffeinlagerung hin.

Verzierung des Porzellans.

Wie bei den übrigen Gattungen keramischer Waren, soll auch hier lediglich der farbigen Verzierungen gedacht werden, welche unter, in und über der Glasur angebracht zu werden pflegen.

1. Verzierungen unter der Glasur.

a) Begüsse.

Diese Art der Verzierung schließt sich ganz an die bei anderen Geschirrarten gebräuchliche an. Man überzieht die Gegenstände ganz oder zum Teil und in dünner Schicht mit farbiger Masse. Je nach dem gewünschten Farbton vermahlt man größere oder geringere Prozentsätze von Metalloxyden oder Metalloxydgemischen innigst mit der gebräuchlichen oder einer ganz ähnlichen zusammengesetzten Porzellanmasse. Das Aufbringen geschieht gewöhnlich auf den rohen, sogen. lederharten Scherben. Es steht aber auch nichts im Wege, geeigneten Falles einen bereits verglühten Scherben mit Beguß oder Engobe zu versehen. Erfordernis ist natürlich, daß der Beguß weder nach dem Trocknen noch nach dem Verglühen oder Gutbrennen sich ganz oder teilweise ablöst, Risse bekommt und den Scherben aus der ihm gegebenen Form bringt. Durch und durch gleichmäßige Färbung ist selbstverständlich. Werden die Begüsse so eingerichtet, daß sie in Bezug auf den Gehalt an bildsamem Stoff sich abstufen, so ist es leicht, mehrere und verschiedenfarbige übereinander zu legen, wobei dann, um Abrollen zu vermeiden, die Vorsicht beobachtet werden muß, daß die später aufgebrachten magerer, als die vorhergegangenen sind. Durch Abdeckung, Schabung, Ritzung und Modellierung können mit Hilfe dieser verschiedenfarbigen Ueberzüge sehr reizvolle Verzierungen angebracht werden, so z. B. auch mit weißem Anguß über einer farbigen Zwischenschicht.

b) Unterglasurschmuck.

Die Unterglasurmalerei auf Porzellan kann wohl mit zu den ältesten Verzierungen des weißen Porzellans gerechnet werden. Ihre meisterhafte Handhabung im fernen Osten ist in Europa bis zur Gegenwart noch nicht erreicht worden und wird es wohl auch kaum werden können, weil das europäische Porzellan zu seiner Erstellung einer viel höheren Temperatur als jenes bedarf, wobei die kobaltoxydhaltige Unterglasurfarbe bereits sich z. T. zu verflüchtigen beginnt, wodurch die Umrisse der Zeichnung sich mehr und mehr verwischen. Die Färbekraft des Kobaltoxyds bei hohen Temperaturen überragt eben diejenige aller übrigen Metalloxyde so weit,

daß diese Substanz lange Zeit die einzige, mit Sicherheit anwendbare blieb. Erst in neuerer Zeit und insbesondere nach der Einführung der Weichporzellane sind noch andere hinzugekommen. In erster Linie ist neben dem Kobalt- das Chromoxyd zu erwähnen, welches hohe Hitzegrade ohne Veränderung notdürftig aushält, indessen nur geringe Deckkraft besitzt und stark reduzierenden Einflüssen der Ofenatmosphäre nicht standhält. Bessere Ergebnisse werden durch blaugrüne Töne liefernde Mischungen zwischen Chrom- und Kobaltoxyd erreicht. Wenn man Lösungen von Salzen einiger Edelmetalle wie Gold, Platin, Iridium von Pulvern geglühter oder ungeglühter Porzellanmasse oder sonstigen hochfeuerfesten Substanzen, wie Kieselsäure, Tonerde, Kaolin usw. — Haupterfordernis ist hohe Porosität — aufsaugen läßt und sie dann ausglüht, so erhält man farbige Pulver, welche sich für die Unterglasurmalerei gleichfalls überraschend gut eignen. So liefert Gold z. B. eine schwach rötlich-violette, Platin eine graue und Iridium eine grauschwarze Farbe. Andere Metallsalze, wie Nickel-, Molybdän-, Uran-, Vanadin-, Wolfram-Verbindungen ergeben, bei gleicher Behandlung, andersfarbige Pulver, welche in Mischung mit den vorhergenannten wiederum neue, aber immer nur verhältnismäßig blasse und von der jeweiligen Ofenatmosphäre stark abhängige Töne liefern, welche indessen imstande gewesen sind, die Art der Porzellanverzierung in neuerer Zeit völlig umzugestalten und die Ueberglasurmalerei fast ganz in den Hintergrund zu drängen. Aus den bereits angedeuteten Gründen hat sich die neue Art der Porzellanverzierung aber trotz aller sonstigen Erfolge im einzelnen bei allen denjenigen Porzellanen, Steingut- und Steinzeugartikeln, bei welchen es auf gleichmäßige Erscheinung der einzelnen Stücke ankommt, z. B. bei Serviceteilen, nicht einzubürgern vermocht.

Man malt, wegen seiner größeren Festigkeit, auf verglühtem Scherben. Vorteilhafter für die Malerei ist es indessen, den freilich leicht zerbrechlichen, rohen, lederharten Scherben anzuwenden, weil dieser die Farbe nicht so stark ansaugt.

c) Lösungsfarben für Unterglasurmalerei.

Wenn man konzentrierte Lösungen derjenigen, färbende Oxyde enthaltenden Metallsalze, welche beim Glühen ganz oder teilweise in den sich verflüchtigenden Säurerest und das zurückbleibende Oxyd zerfallen oder gar, wie bei den obengenannten Edelmetallen, das Metall selbst in feinverteiltem Zustande hinterlassen, auf poröse Scherben, ganz wie das mit den Farben geschieht, aufstreicht und ausglüht, so erhält man, wenn das in kunstgerechter Weise geschah, blasse farbige Malereien, welche, wenn nötig, wiederholt übermalt und ausgeglüht und somit verstärkt werden können. Das eigentliche

Bild entwickelt sich in farbenkräftigerer Erscheinung erst während des Gutbrandes unter der Glasur. Das Ausglühen nach jeder Uebermalung ist freilich notwendig, weil die vorher aufgestrichene und vom Scherben aufgesaugte Lösung erst zerstört und das Metalloxyd festgelegt werden muß. Bei dieser Art der Malerei wird der Scherben bis zu einer gewissen Tiefe gefärbt und muß das bleiben, selbst wenn die mit der zehrenden Glasur unmittelbar in Berührung stehende obere Schicht zerstört wird. Es gelingt somit, z. B. bei Anwendung einer Eisenchloridlösung auf Hartsteingut Malereien mit Eisenrot unter der Glasur ohne alle Schwierigkeit anzubringen. Durch Mischung der Grundfarben mit einander oder durch Uebermalung der einen mit der anderen ist man in der Lage, eine ganze Reihe von brauchbaren Farbtönen zu erzeugen und sehr reizvolle Unterglasurverzierungen auszuführen. Die schwache Seite dieser Malmethode ist die nämliche, wie die unter dem Abschnitt b) erwähnte.

Weil die wässerigen Lösungen der Metalloxyde gewöhnlich ein starkes Ueberschreiten der Umrisse der Zeichnung verursachen, pflegt man ihnen lösliche Stoffe organischer Natur beizumischen, welche ihre Beweglichkeit stark zu beeinträchtigen imstande sind. Dahin gehören Zucker, Dextrin, Gummi arabicum, Glyzerin, Traganth und andere. Am vorteilhaftesten ist es, von den wässerigen Lösungen ganz abzusehen und dafür konzentriertes Glyzerin ohne sonstige Zusätze, desgleichen als Verdünnungsmittel zu benutzen. Beim Auflösen von Nitraten ist indessen mit Vorsicht zu verfahren, weil bei zu starker Wärmeanwendung leicht Reduktion zu unlöslichem Hydroxyd erfolgt, insbesondere beim Chromnitrat. Auch muß auf die Eigenschaft des Glyzerins, aus der Luft Feuchtigkeit anzuziehen, insofern geachtet werden, als die fertigen Malereien von der Berührung mit feuchten Gegenständen möglichst ferngehalten werden müssen und am besten alsbald einer Temperatur von 100 und mehr Graden ausgesetzt werden, wobei eine Zersetzung und somit Festlegung des Metalloxyds in fast allen Fällen einzusetzen pflegt. Am sichersten bleibt alsbaldiges Ausglühen der Gegenstände.

Die Umrisse der Zeichnung werden überall dort, woher die besten Unterglasurmalereien kommen, in den unverglühten lederharten Gegenstand leicht eingeritzt. Die Malerei erfolgt auf ververglühtem, also festerem Scherben, sie kann indessen ebenso vorteilhaft auch auf rohem vorgenommen werden. Wichtig ist, daß insbesondere bei dünnscherbigen Stücken mit der Farblösung recht sparsam umgegangen wird, weil sich sonst das lästige Uebertreten über den Umriß der Zeichnung und das unliebsame Durchschlagen der Farbe auf die andere Seite nicht vermeiden lassen.

d) Schlickermalerei.

Diese ebenfalls aus Ostasien übernommene und in Europa zuerst in Frankreich und England weiter ausgebildete, feine Verzierungsart erfreute sich, solange ihre rein mechanische Ausführung noch nicht gelungen war, eines überaus großen Ansehens. Das Verfahren besteht darin, daß auf geeigneten farbigen Begüssen durch Malerei und Modellierung feinste weiße Verzierungen schmuckhafter oder figürlicher Natur angebracht werden. Als Farbe dient mit Wasser dünn angemachter Porzellanmassebrei, welcher in dünnen Schichten so oft aufgetragen wird, bis sich die feine Zeichnung mit dem Modellierstäbchen erhaben herausarbeiten läßt. Es kann das sowohl auf rohem wie auf verglühtem Porzellan vorgenommen werden. Nach Fertigstellung wird die Malerei durch Glühen befestigt. Bleibt sie bei diesem Prozeß unbeschädigt, so pflegt sie auch den Gutbrand unter der Glasur gut zu überstehen. Durch den stärkeren oder geringeren Durchschein der farbigen Unterlage durch das zarte, weiße, erhabene Gebilde werden Licht und Schatten richtig verteilt und abgetönt. Die große Mühe und Ausdauer, welche diese Art Kleinmalerei und Modellierkunst zugleich in Anspruch nimmt, wird auf diese Weise nicht selten durch Ergebnisse belohnt, die an Duft und Zartheit durch nicht viel anderes übertroffen werden können und dadurch bleibenden Wert behalten. Ein minderwertiger Ersatz dieser von den Franzosen mit dem Namen pâte sur pâte belegten Verzierungsart kann durch Vereinigung des weiter oben erwähnten Begußverfahrens mit ihm erreicht werden. Inzwischen ist die reizende, dem Porzellan zu so entzückendem Schmuck gereichende Verzierungsmethode durch billige, reizlose, auf mechanischem Wege massenhaft hervorgebrachte Darstellungen vollkommen verdrängt worden.

2. Verzierungen in der Glasur.

a) Durch farbige Glasuren.

Die Zahl der farbigen Glasuren ist, wie schon weiter oben ausgeführt wurde, beim Hartporzellan wegen dessen hoher Garbrenntemperatur nicht sehr hoch, hingegen ausgedehnter beim Weichporzellan. Man benutzt sie entweder als einfarbige Ueberzüge, welche das ganze Gefäß bedecken und durch sich selbst wirken oder als Umgebung von ausgesparten Flächen, welche durch anderweitige Verzierung zu wirken bestimmt sind. Andere Erfolge werden dadurch erzielt, daß man verschiedenfarbige Glasuren durch Neben- oder Uebereinanderlagerung oder durch teilweises Ineinanderfließen zu harmonischer Wirkung gelangen läßt. Die beiden

letzterwähnten Verfahrungsarten sind insbesondere bei kristallinischen und Kristall-Glasuren beliebt.

b) Durch Glasureinlage.

Weil die tonerde- und kieselsäurereichen Gläser, aus welchen die erst bei sehr hohen Temperaturen einschmelzenden Porzellanglasuren bestehen, besonders zähflüssig sind und daher nicht laufen oder rutschen, ist man in der Lage, durch die Ausfüllung von Aussparungen mit andersfarbigen Glasuren reizvolle Verzierungen auf den Porzellanen anzubringen, welche durch Ueberglasurschmuck u. U. noch gehoben werden können.

c) Durch Glasurüberlauf.

Wenn man den gewöhnlichen Porzellanglasuren, farblosen oder gefärbten, reichlichere Mengen von den schon unter a) erwähnten farbigen oder ungefärbten Fritten oder Steingutglasuren zusetzt, so büßen sie an Zähflüssigkeit ein und geraten beim Aufschmelzen in mehr oder weniger starke Bewegung, welche sich bis zum Ablaufen steigern kann. Sie werden in der Regel über einer starren Grundglasur in unregelmäßiger Stärke angebracht, welche beim Schmelzen des Ueberlaufs zum Teil und nicht selten in reizender Form und mit prächtigem Farbenspiel überflossen wird. Durch den Frittenzusatz gewinnen die Farben überhaupt an Lebhaftigkeit. Es ist dabei ziemlich gleichgültig, ob die Fritten Bleioxyd enthalten oder nicht, nur muß sich der Bleioxydgehalt in mäßigen Grenzen bewegen, weil sich sonst metallisches Blei in Körnern ausscheidet und möglicherweise auch die Reduktion noch anderer färbenden Metalloxyde bewirkt. Beim Chinarot z. B. ist die Anwesenheit von Bleioxyd sogar notwendig, weil bleifreie Fritten kein reines Rot, sondern zumeist nur blaurotgeflammte Tönungen zu liefern pflegen.

3. Verzierungen über der Glasur.

Die Ueberglasurverzierung des Porzellans nahm von jeher den größten Raum ein, bis sie in der neueren Zeit durch die blassen Unterglasurfarben in den Hintergrund gedrängt wurde. Sie hat mit dem eigentlichen Werdegang des Porzellans keinerlei Zusammenhang und wird dem fertigen, weißen Porzellan gewissermaßen nur angeheftet. Darnach kann der neueren Unterglasurverzierung, weil bei ihr das Gegenteil zutrifft, eine gewisse Berechtigung ihres Bestehens nicht abgesprochen werden. Indessen steht zu befürchten, daß sie wegen ihrer Saft- und Kraftlosigkeit nur zeitweise imstande sein wird, die geschmacklichen Anforderungen zu befriedigen, um dann wohl wieder dem frischeren, farbenfreudigeren Ueberglasur-

schmuck den Platz zu räumen, zumal sie, wie schon hervorgehoben wurde, sich zum Schmuck von Tafelgeschirren ohnehin nicht eignet. Ueberglasurverzierungen werden zunächst bewirkt

a) Durch Ueberglasurfarben.

Sie genießen den Vorzug, daß sie in allen nur denkbaren, lebhaften Abstufungen im Farbton aufzutreten vermögen, denn die Einbrenntemperatur beträgt nur etwa 800 ° C und steigt nur selten bis zur Schmelzhitze des Silbers (950 ° C). Diese im Verhältnis zur Brenntemperatur des Porzellans winzigen Hitzegrade werden aber von vielen anorganischen Farbstoffen anstandslos ertragen, so daß die Zahl der Verzierungsmittel einen sehr großen Umfang gewinnt. Die Ueberglasurfarben bestehen zum Teil aus sehr leichtflüssigen, reichlich Bleioxyd, Borax und Borsäure enthaltenden farbigen Gläsern, welche im feingepulverten Zustand die Farbe darstellen, z. T. aus sogen. Farbkörpern, farbigen Oxyden oder Oxydgemischen, welche reichlich mit sogen. „Fluß", d. h. eben mit leichtschmelzbarem Glaspulver versetzt sind. Die Grundfarben sind bis zu einem gewissen Grade mischbar, so daß es auch an gebrochenen Zwischentönen keineswegs mangelt. Der „Fluß" bewirkt nicht nur das Anhaften der Farbe an den Porzellankörper, sondern er hat ihr zugleich auch den erforderlichen Glanz zu erteilen, damit die Malerei sich mit der glänzenden Fläche der nicht bemalten Porzellanglasur harmonisch verbindet.

b) Durch Emails.

Während die Porzellanfarben nur in dünner, unfühlbarer Schicht aufgetragen werden und werden können, haben die Emails die Aufgabe, erhabene Verzierungen zu liefern. Bei den ostasiatischen keramischen Erzeugnissen aller Art finden sie die ausgiebigste Verwendung zur Belebung und plastischen Heraushebung der flachen Farbenmalerei. In Europa haben sie dagegen bis in die neueste Zeit hinein nur sehr geringe Anwendung gefunden, obwohl es an Anstrengungen hierzu nicht gefehlt hat. Der Grund ist darin zu suchen, daß die steinzeugartigen chinesischen und japanischen sogen. Porzellane mit ihrer verhältnismäßig weichen Glasur und ihrer geringen Scherbenschwindung, wodurch die tonerdeärmere Glasur weit geringere Spannungen auszuhalten hat, die Emails willig tragen, während das auf der, durch Zusammenpressung meist stark gespannten Glasur der europäischen Porzellane nicht in dem Maße zutrifft, wovon man sich durch Versuche mit Emails auf Porzellan und Feinsteinzeug leicht zu überzeugen vermag.

Unter Emails im Sinne des Porzellanschmuckes versteht man leichtschmelzbare, aber ungemein zähflüssige Gläser, welche im geschmolzenen Zustande die ihnen gegebene Form nahezu unverändert beibehalten und lediglich aus dem rauhen, pulverigen in den verglasten, glatten und, bei den lichtdurchlässigen, klar durchsichtigen Zustand übergehen. Von den transparenten unterscheidet man die opaken Emails, welche aus getrübten Gläsern bestehen.

Ueber die Art der Gewinnung derartiger Emails wurde schon weiter oben beim Steinzeug Näheres mitgeteilt. Dieselben Grundsätze gelten auch für die Porzellanemails. Allerdings bedarf es aus schon erwähnten Gründen beim Porzellan, insbesondere beim Hartporzellan, oft recht langwieriger und mühevoller Versuche, um ein geeignetes Glas zu finden, welches allen Anforderungen, insbesondere auf Haltbarkeit entspricht, weil die spröde, bezw. stark gespannte Porzellanglasur ungemein empfindlich gegenüber der Beanspruchung durch andere Gläser ist und diese daher zumeist über kurz oder lang abwirft. Am besten bewähren sich die Zusammenstellungen aus geschmolzener Porzellanglasur und Borsäure, obwohl sie den Uebelstand besitzen, daß sie die Farben nicht eben sehr vorteilhaft entwickeln. Ueber die Art des Malmittels und den Auftrag wurde ebenfalls schon weiter oben beim Steinzeug berichtet. Einige bewährte Formeln für Emails finden sich weiter unten angegeben. Statt des Pinsels leisten oft zweckmäßig zugeschnittene Stäbchen beim Anlegen der erhabenen Zeichnung vortreffliche Dienste.

c) Durch Vergoldung.

Die Vergoldung kunstkeramischer Gefäße ist uralt. Sie kennzeichnet namentlich die Zeiten des Verfalls nach vorangegangenen Blütezeiten, wo sie in überreichem Maße angewendet zu werden pflegte. Sie tritt entweder in Form von Randverzierungen, Strichen und Bändern oder auch in Form von Zierat auf. Zuweilen erhalten auch die Bänder eine Zeichnung durch Gravierung, welche letztere wiederum mit klaren Emails überlegt sein kann, so daß die Gravierung hindurchscheint. Auch aus massivem Golde bestehende, erhabene Verzierungen, mehr aber lediglich mit Gold überzogener, erhabener Emailschmuck findet sich vor. Weil das metallische Gold durch einen geringen Silberzusatz sich grünlich, durch eine Platinbeimischung aber mehr rötlich färbt, so kann es sogar in verschiedenen Farben nebeneinander, ferner in hoch-, mittel- und mattglänzendem oder auch ganz mattem Zustande auftreten. Der Hoch- und der mittlere Glanz werden dem Golde nach dem Einbrennen durch Polieren mit Werkzeugen aus Blutstein oder Achat beigebracht, der

Mattglanz durch bloßes Abreiben mit nassem, abgerolltem Sand. Hochglänzende Goldüberzüge liefert auch das sog. Glanzgold, eine ölige, goldhaltige Flüssigkeit, welche nach dem Verbrennen ein dünnes, hochglänzendes, aber nicht sehr widerstandsfähiges Goldhäutchen auf dem Scherben hinterläßt. Wegen dieses letzterwähnten Mangels blieb die Vergoldung mit Glanzgold auf die minderwertigen Waren beschränkt, während die besseren sich der sogen. echten Vergoldung erfreuen. Damit das Gold ebenso wie Farbe mit dem Malpinsel kunstgerecht aufgestrichen werden kann, muß es vorher in ein feines Pulver verwandelt werden, welches, mit geeigneten Malmitteln versetzt, zur Verarbeitung gelangt. Auf Scherben, deren Glasur im Feuer erweicht, haftet es nach dem Erhitzen dieser auf etwa 800 ^{0} ohne weiteres, bei anderen, z. B. beim Porzellan, muß es mit einem sogen. „Fluß" vermengt werden, welcher das Festhaften bewirkt. In allen Fällen aber ist in Betracht zu ziehen, daß ein Zuviel an Fluß oder zu weit getriebenes Einbrennen das Gold „verglast", d. h. es unfähig macht, Politur anzunehmen. Damit würde dann aber der Zweck des Vergoldens verfehlt sein. Sogenanntes ordinäres Gold, welches zum Vergolden von Rändern, Henkeln u. dergl. dient, wird übrigens bis zur Hälfte mit kristallisiertem, sich beim Einbrennen unter Zersetzung verflüchtigendem, rotem Quecksilberoxyd verdünnt. Sogen. Aufsatzgold kommt unoder wenig verdünnt zur Anwendung und erhält keinen Fluß, weil es eben, wie der Name schon andeutet, auf flußhaltige Unterlagen aufgesetzt wird. —

Selbstverständlich kann das Gold auch mit Farben vermischt zum Verbrauch kommen. Man erhält dann nach dem Abreiben der eingebrannten Malerei, je nach der angewandten Farbe, rote, grüne, braune usw. metallisch schimmernde bronzeartige Ueberzüge von eigenartigem Reiz. Ueberhaupt ist die Anwendung der Goldfarben eine sehr mannigfache.

Weniger häufig sind die Versilberungen oder Verplatinierungen. Beide Ueberzüge sehen grauweiß und wenig charakteristisch aus. Ihre Befestigung wird in derselben Weise, wie beim Golde bewirkt.

d) Durch Aetzung.

Aehnlich wie das beim Glase geschieht, kann man auch auf der Porzellanglasur feine Verzierungen durch Aetzung mit Fluorwasserstoffsäure oder mit einem sonstigen, solche enthaltenden oder sie entwickelnden fluorhaltigen Gemisch hervorbringen, welche, um sie sichtbarer zu machen, gewöhnlich nachträglich mit Gold überzogen werden. Zu dem Ende muß das Porzellan mit einem Schutzüberzug, als welcher gewöhnlich Asphaltlack zur Anwendung kommt, überzogen werden. Kurz vor dem völligen Antrocknen der

dünnen, aber überall zusammenhängenden Lackschicht wird die Zeichnung mit einem geeigneten Werkzeug so einradiert, daß an ihrer Stelle eine Bloßlegung des Porzellans stattfindet. Die Ätzung erfolgt dann dadurch, daß man diese radierten Stellen in irgend einer Weise mit der Fluorwasserstoffsäure in Berührung bringt, und zwar so lange, bis die Aetzung zu der gewünschten Tiefe vorgeschritten ist. Die Entfernung des Lackes erfolgt durch Aufweichen in Terpentinöl und Abputzen.

Verzierungsmittel.

1. Farbkörper, ihre Darstellung und ihre Eigenschaften.

Die Hauptanforderung, welche an alle echten, keramischen Färbemittel gestellt werden muß, ist diejenige, daß sie eine Temperatur von mindestens 800° C ohne Zersetzung und ohne nachteilige Veränderung im Farbton ertragen. Damit scheiden alle diejenigen zahllosen Färbemittel aus, welche dieser Forderung zu entsprechen nicht imstande sind.

Unter den Metallen und Metalloxyden gibt es nur wenige, welche direkt als Färbemittel Verwendung zu finden vermögen. Von den ersteren sind es in erster Linie das Gold in feiner, nur auf chemischem Wege darstellbarer Verteilung, das Platin und das Silber in ebenmäßigem Zustande. Zu den letzteren gehören im wesentlichen das Eisen-, Mangan-, Chrom-, Kobalt-, Nickel-, Kupfer-, Uran-, Antimon- -und das Zinnoxyd für Rot, Violett, Grün, Schwarz, Blau, Gelb und Weiß. Aber durch Mischung und chemische Verbindung dieser Oxyde mit einander und mit anderen, selbst mit solchen, welche für sich keinerlei Färbekraft besitzen, also lediglich verdünnend wirken, und Glühen erhält man eine lange Reihe neuer und schöner Farbkörper, wie weiter unten gezeigt werden wird. Einige Metalloxyde wiederum lösen sich in Glasflüssen mit einem anderen Farbton, als wie sie selber ihn besitzen, und tragen so er-, neut zur Bereicherung des Vorrats keramischer Farben bei. So z. B. liefert das Kobaltoxyd tief blau gefärbte Gläser, das Kupferoxyd grüne, das Antimonoxyd gelbe, das Chromoxyd rote Glasflüsse, welche direkt als keramische Farben Anwendung finden können. Ferner gibt es zahlreiche, an sich ungefärbte, feuerbeständige Körper, wie Tonerde, Kieselsäure, Kaoline, Steingut-, Steinzeug- und Porzellanmassen, Glasuren und dergl., welche im ungeglühten oder geglühten Zustande — Erfordernis ist lediglich, daß sie eine ausgeprägte Aufsaugefähigkeit für Flüssigkeiten besitzen — mit Lösungen von Salzen färbender Metalloxyde ein- oder mehrmals befeuchtet, unter ständigem Umrühren getrocknet und ausgeglüht, zuweilen ausgezeichnete Färbemittel herzugeben imstande sind. Das geschieht natürlich auch durch einfaches inniges Vermischen dieser

Substanzen mit farbigen Metalloxyden auf trockenem oder nassem Wege und Glühen; indessen ist die feine und feinste Verteilung des Metalloxyds oder der Mehrheit solcher auf dem beschriebenen Wege ungleich besser zu bewerkstelligen. Von der möglichst feinen Verteilung hängt eben der Erfolg in hohem Maße ab.

Die Zahl der Vorschriften zur Gewinnung von Farbkörpern und Farben für keramische Zwecke ist außerordentlich groß. Im nachfolgenden sollen jedoch nur diejenigen zur Abhandlung kommen, welche gegenwärtig die gebräuchlichsten, einfachsten und sichersten sind. —

a) Rote Farbkörper und Farben.

Für Temperaturen bis zu 1000° bewährt sich das Eisenoxyd als roter Farbkörper. Verdanken doch auch die roten Mauer- und Dachsteine ihre rote Farbe der Anwesenheit dieses Körpers. Obwohl es sich in der Natur als Roteisenstein oder in Form seines Hydrates als Brauneisenstein und stark verunreinigt mit anderen tonigen Bestandteilen als Eisenocker, Toneisenstein und dergl. vorfindet, pflegt man es für die Zwecke der feineren Malerei doch stets durch schwaches Glühen von kalziniertem, d. h. entwässertem Eisenvitriolpulver in eisernen oder Schamotte-Pfannen zu gewinnen. Bei diesem Prozeß findet unter Aufnahme von Sauerstoff (Vergl. Ker. Rechn. III, S. 31) ein Zerfall des erwähnten Salzes statt. Schwefelsäureanhydrid (und Wasser) entweichen, während schön rot gefärbtes Eisenoxyd hinterbleibt. Die bei niedriger Temperatur (schwache Rotglut) sich bildenden Anteile dieses Oxyds besitzen einen schönen roten Farbton mit einem entschieden gelblichen Stich, welcher letztere bei steigender Hitze mehr und mehr verschwindet und einem hochroten Ton Platz macht. Bei weiterer Steigerung der Wärme und namentlich beim allmählichen Verschwinden der Schwefelsäure gesellt sich zu dem Rot ein bläulicher Ton, welcher das Oxyd mehr und mehr violett erscheinen läßt, bis endlich in der Nähe der Temperatur des schmelzenden Silbers der violette Ton vorherrschend wird. Man kann also durch langsames Vorgehen bei der Erhitzung, ständiges Umrühren des in dünner Lage ausgebreiteten Sulfats mit einer eisernen Krücke und beständiges Prüfen des Farbtons jede gewünschte Abstufung zwischen Gelbrot und Violettrot gewinnen und somit aus ein und demselben Oxyd eine ganze Reihe schöner und im Ton von einander ganz verschiedener Farben gewinnen, so z. B. Gelbrot, Rotgelb, Hochrot, Blutrot, Rotbraun, Braunrot, Kastanienbraun und Violett (Caput mortuum).

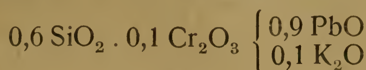
Das Eisenoxyd wird von saueren und auch schon von neutralen Glasflüssen leicht aufgelöst, und zwar mit einer wenig bemer-

kenswerten gelben Farbe. Als Unterglasurfarbe kommt es daher so gut wie gar nicht in Betracht, zumal es sich auch bei Hitzegraden über 1000° in wenig färbendes Eisenoxyduloxyd zersetzt. Etwas haltbarer wird es, wenn man es in Mischung oder Bindung mit Aluminiumoxyd oder auch in der Form des Silikats verwendet oder wenn man es als Aufsaugefarbe mit Kaolin verbindet. Am vollkommensten erhält man die erstgenannte Mischung durch Fällung der berechneten Mengen für $Fe_2O_3 . Al_2O_3$, $Fe_2O_3 . 2\,Al_2O_3$ usw. aus den in möglichst viel Wasser gelösten Sulfaten, nachdem das Eisenoxydulsulfat vorher zu Eisenoxydsulfat oxydiert worden war, mit Ammoniak- oder mit Sodalösung, sorgfältiges Auswaschen durch Auslaugen und Glühen des Gemisches nicht über Silberschmelzhitze, besser bei nur 800° C. Man erhält auf diese Weise sehr schöne, durch Verdünnung hellrote und verhältnismäßig widerstandsfähige rote Farbkörper. —

Eine andere Art, um zu einer möglichst innigen Vermischung von feinverteiltem Eisenoxyd und Tonerde zu gelangen, besteht darin, daß man die berechneten Mengen von kristallisiertem Eisenoxydul und Aluminiumsulfat oder Ammoniakalaun in ihrem Kristallwasser schmilzt, gut vermischt eintrocknet, bei etwa 800° C glüht und sorgfältig auswäscht, um etwa zurückgebliebene schwefelsaure Salze zu entfernen. Weniger zu empfehlen ist das innige Zusammenreiben oder Zusammenmahlen der Hydroxyde in der berechneten Menge, Glühen und Auswaschen, weil die auf diesem Wege erreichte Mischung nie eine ganz vollkommene sein kann.

Bei der Darstellung kieselsauren Eisenoxyds, welches seine rote Farbe übrigens auch beim Erhitzen bis auf Kegel 9 noch beibehält, würde man genau ebenso, wie bei der Fällung von Tonerde und Eisenoxyd zu verfahren haben, nur würde anstelle des Aluminiumsulfats Natriumsilikat treten, welches in viel Wasser mit dem Eisenvitriol vermischt eine voluminöse Fällung von Eisenoxydulsilikat liefert, die sich an der Luft oxydiert. Ein noch schönerer Körper entsteht, wenn eine stark verdünnte Lösung von Eisenoxydsulfat oder von Eisenalaun mit Natriumsilikat niedergeschlagen und der Niederschlag gut ausgewaschen und schwach geglüht wird.

Wohlbekannt unter den keramischen Farben ist auch das basische Bleichromat, welches weniger für sich, als in Form von basischen, durch seine Anwesenheit rot gefärbten, stark bleioxydhaltigen Glasflüssen auftritt. Wegen seiner Unzuverlässigkeit im Feuer ist seine Anwendung als Farbe indessen sehr beschränkt. Ein solcher roter Glasfluß wird z. B. nach der Formel



$$0{,}6\,SiO_2 . 0{,}1\,Cr_2O_3 \left\{ \begin{array}{l} 0{,}9\,PbO \\ 0{,}1\,K_2O \end{array} \right.$$

erhalten. Das fein zerriebene Pulver des bei Rotglut einzuschmelzenden Versatzes bildet die Farbe. (Näheres hierüber s. Sprechsaal 1911 u. 1912 bei Dr. Büttner und Dr. Berge.)

b) Violette Farbkörper und Farben.

In diese Abteilung gehören vor allen Dingen die prächtigen Purpurfarben, welche durch die feine Verteilung des metallischen Goldes auf geeigneten Unterlagen erhalten werden und welche unter dem Namen Cassius'scher Purpur bekannt sind. Eine ausführlichere Beschreibung der Darstellungsweise dieses Purpurs und der chemischen Vorgänge, welche sich dabei vollziehen, findet sich in Ker. Rechn. III, S. 33, braucht hier also nicht wiederholt zu werden. Je nach der Goldmenge, welche auf der Zinnsäure niedergeschlagen wird, erhält man hellere oder dunklere Töne. Die Goldmenge kann bis auf etwa 20 v. H. ansteigen. Bei noch höherem Gehalt verschwindet der Purpur nach und nach vollständig und macht einer wenig angenehmen Leberfarbe Platz, welche den allmählichen Uebergang des kolloiden Goldes in die gewöhnliche Form des Metalles deutlich erkennen läßt.

In allen Fällen ist es ratsam, die Purpurfällungen sorgfältigst auszuwaschen und in reinem Wasser aufgeschwemmt aufzubewahren, weil sie sonst leicht eine Umwandlung zu ungunsten ihrer Bestimmung erleiden. Der Gehalt in 1 ccm muß natürlich bekannt sein. Man läßt zu diesem Ende den Niederschlag soweit als möglich absitzen, spült ihn in ein hinreichend großes Meßgefäß und füllt bis zu einer gegebenen Marke auf. Aus dem bekannten Gesamtgewicht und der Anzahl der ccm läßt sich dann leicht der Gehalt je eines ccm an Trockensubstanz errechnen. Bei der Farbenfabrikation im großen wird natürlich die ganze Purpurmenge alsbald zu Purpurfarbe weiterverarbeitet.

Außer den Abtönungen durch den verschiedenen Goldgehalt können noch andere durch Zusatz kleinerer Mengen von Silberoxyd oder von Silbersalzen, wie Silberchlorid und Silberkarbonat erhalten werden. Durch diese Zusätze wird der entschieden violette Farbton der Goldfarbe mehr nach Rot hin verändert. Es gelingt somit auf diese Weise, eine ganze Anzahl von sogen. Purpurfarben, die durch geeignete Mischungen mit anderen Farben noch beliebig vergrößert werden kann, darzustellen.

Die Purpurfarben werden durch Hitzegrade, welche über 800° C hinausgehen, bereits sehr ungünstig beeinflußt und fallen, unter der Glasur angewandt mehr oder weniger der Zerstörung anheim. In Ermangelung anderer Mittel zur Erzielung roter oder rotvioletter Farbtöne bei hohen Hitzegraden findet die Goldfarbe indessen

trotzdem Verwendung, insbesondere zur Färbung von Begüssen. Der Cassius'sche Purpur färbt weißbrennende Massen schmutzig violett und ist in dieser stark entwerteten Form selbst im Porzellanfeuer beständig. Mehr rote und im Verhältnis erheblich schönere Farbtöne erhält man durch Einlagerung des feinverteilten Goldes in die Masse selbst. Zu diesem Ende wird Masseschlicker, von noch größerer Dichte, als die Gießmasse sie zu haben pflegt, mit einer Lösung von Goldchlorid in wenig Wasser innigst vermischt (auf 1 kg trockene Masse kommen etwa 5—8 g Gold). Nachdem außerdem noch 6—10 g konz. Glyzerin mit wenig Wasser verdünnt, gleichfalls gut mit dem Massebrei vermischt sind, fügt man eine Lösung von 20—25 g Natriumhydroxyd in wenig Wasser schnell hinzu und rührt gut um. In ganz kurzer Zeit setzt die Reduktion des Goldes in prachtvoller, von einzelnen Stellen ausgehender Reaktion ein. Die violettrot gefärbte Masse wird sorgfältigst ausgewaschen, was sich am besten vollzieht, wenn sie schwach angesäuert wird, und ist so zum Gebrauch fertig.

Aus diesem Vorgang erhellt, daß die Bildung des Goldpurpurs auch in anderer Weise als der von Cassius angewendeten und auch auf anderer Grundlage als dem Zinnoxydhydrat erfolgt. In der Tat gelingt es mit Hilfe der letzteren Reaktion, sehr schöne, wenn auch technisch nicht eben sehr brauchbare Purpure, auf Magnesiumhydroxyd, Tonerde und sonstigen schleimigen Unterlagen niederzuschlagen. (Vergl. Müller, Sprechsaal 1885, Nr. 6—10.)

Eine sehr ausgiebige Verwendung in der Steingutindustrie und fast ausschließlich in dieser finden die sogen. Pink- oder Nelkenfarben. Sie ersetzen dort das unter- und in der Glasur nicht beständige Eisenoxyd. Wenn man Tonerdehydrat mit einer Lösung von Kaliumbichromat befeuchtet, unter Umrühren trocknet und im oxydierenden Feuer scharf glüht, so erhält man mehr oder weniger rotviolett gefärbte Körper, welche indessen nur hier und dort Verwendung finden. Bei stärkerem Chromgehalt erscheint die rote Farbe zuweilen erst bei der Beleuchtung mit Gas- oder Lampenlicht, während elektrisches oder Tages-Licht sie graugrün erscheinen lassen. Die nämliche rote Farbe entwickelt sich am lebhaftesten auf den Orthostannaten, insbesondere des Calciums und des Strontiums. Durch Vermengung dieser mit Kieselsäure, u. U. auch Tonerde, Borax und anderen Substanzen, erhält man Abwandlungen des dunkelrotvioletten Farbtones, sei es mehr nach dem reinen Rot hin, sei es nach dem Violett, und somit eine lange Reihe von brauchbaren Unterglasurfarben für das Steingut. Hierbei sowohl wie bei der Verwendung der Pinkfarbkörper als Glasurfärbemittel spielt der mehr oder weniger intensiv entwickelte Farbton des Körpers, wie A. Berge gezeigt hat,*)

*) A. Berge, Sprechsaal 1912, Nr. 1—3.

keine wesentliche Rolle, wohl aber sein chemischer Charakter und die Glasur, unter welche er gelegt wird oder welche durch ihn gefärbt werden soll. Beide müssen basisch, neutral oder nur eben schwach sauer sein. Es kommt vor, daß kaum oder nur unbedeutend gefärbte Farbkörper die schönsten und kräftigst gefärbten Unterglasurfarben oder farbigen Glasuren hervorbringen. —

Das Ausglühen der Pinkfarbkörper erfolgt, je nach der Zusammensetzung der Unterlagen, bei den Temperaturen von SK 6a bis 9. Längeres Glühen befördert die Entwickelung. Auswaschen überschüssigen Bichromats nach dem Verglühen bei Silberschmelzhitze ist vorteilhaft, wenn auch nicht gerade notwendig. Wohl aber müssen nach den beendigten Glühversuchen sämtliche Salze durch Auslaugen mit warmem Wasser, und zwar nach bewirktem Feinreiben, entfernt werden. Die Verdünnung zur Erzielung heller Farben kann durch Glühen mit Zusätzen, entweder der nämlichen Unterlage ohne Chromoxyd oder von Kieselsäure, von Kalk oder von Kieselsäure und Kalk erreicht werden, Abstufungen des Farbtones auf die nämliche Weise oder durch Glühen mit etwas Borsäure, Borax, Salpeter und dergl. Nach Beendigung des Glühprozesses hat erneutes Feinreiben oder -mahlen und Auswaschen stattzufinden.

Schwach rosarot gefärbte Körper werden auch durch Befeuchtung von Tonerdehydrat mit manganoxydhaltigen Lösungen (0,15—0,20 MnO auf ein Al_2O_3) oder auch durch direkte Beimengung von feinstverteiltem Manganoxyd und durch Glühen bei hohen Temperaturen erhalten. Ihre Bedeutung für die Technik ist indessen nicht sehr erheblich.

c) Grüne Farbkörper und Farben.

Vor der Entdeckung des Chromoxyds (1749) bediente man sich in der Keramik ausschließlich des Kupferoxyds zur Darstellung grüner und nur im sogen. Muffelfeuer (ca. 800° C) und wenig darüber beständiger Farben, desgleichen zur Herstellung grüner Glasuren. Zu diesem Ende wurde das Kupferoxyd in leichtflüssige Gläser eingeschmolzen, in welchen es sich mit grüner Farbe auflöst. Je nachdem diese Gläser viel, wenig oder kein Alkali enthielten, neigte die Farbe von einer Art Blaugrün nach reinem Grün hinüber. Ein gleichzeitiger Gehalt an Eisen- oder Antimonoxyd vermittelte gelbgrüne Farbentöne. Die Gegenwart von Fluorcalcium lieferte einen sehr ausgesprochen blaugrünen Ton usw. Wegen ihres gelegentlichen Versagens, namentlich bei starkem Alkaligehalt, sind sie gegenwärtig ganz von den grünen Farben des Chromoxyds verdrängt, von welchen sie in Bezug auf Färbekraft zwar bedeutend überholt werden, aber die Durchsichtigkeit der alten Kupfergrüne geht den opaken Chromgrünen ab.

Zur Darstellung des Chromoxyds müssen, wie beim Eisenoxyd, Verfahren gewählt werden, welche nicht nur die grüne Farbe des Oxydes in der vorteilhaftesten Weise zur Geltung kommen lassen, sondern den Körper auch in der denkbar feinsten Verteilung abscheiden. Das kann durch Fällung als Hydroxyd und schwaches Glühen des gut ausgewaschenen Niederschlages erfolgen, meistens aber wird es durch Reduktion des Kaliumbichromatpulvers, welches man, mit etwa einem Drittel seines Gewichts an Schwefelblumen vermischt, der Glühhitze aussetzt, erhalten (Vergl. Ker. Rechn. III, S. 32). Das hinterbliebene, schöne, grüne Chromoxyd wird fein gemahlen und durch sorgfältiges Auswaschen von dem gleichzeitg entstandenen schwefelsauren Kalium befreit. Erforderlich ist, daß die zur Reduktion verwandten Schwefelblumen frei von Eisenoxyd sind, wovon man sich durch Verbrennen einer kleinen Menge überzeugt, denn sonst wird das Chromoxyd stark verunreinigt, und die grüne Farbe erhält einen Stich nach Braun.

Die Reduktion kann ebensogut mit Stärke oder Weinsäure herbeigeführt werden. Neben Chromoxyd entsteht dann Kaliumkarbonat. Es wird dann aber erforderlich, die ausgewaschenen Körper noch einmal in flachen Gefäßen bei Luftzutritt nachzuglühen, um einen Rest von Kohle zu entfernen.

Recht brauchbares und in seiner Deckkraft sehr ausgiebiges Chromoxyd erhält man auch durch Abbrennen von Ammoniumbichromat, nur wird das hinterbleibende Oxyd nach dem Zerreiben zweckmäßig noch einmal in einem flachen Gefäß nachgeglüht.

Die auf diese verschiedene Art erhaltenen Farbkörper weichen im Farbton nur wenig von einander ab, falls das Glühen bei niederer Temperatur stattfand. Nachträglich angewandte erhöhte Hitzegrade rufen größere Abweichungen hervor. Verdünnungen bewirkt man mit Tonerde (z. B. $4 Cr_2O_3 . Al_2O_3$, $3 Cr_2O_3 . Al_2O_3$ usw. bis etwa $Cr_2O_3 . Al_2O_3$) . Die Mischung der Oxyde wird entweder durch Fällung aus den berechneten Mengen der entsprechenden Ammoniakalaunlösungen mit Sodalösung oder durch Schmelzen der Alaune im Kristallwasser, Eintrocknen und Ausglühen oder durch inniges Zusammenreiben oder -mahlen der Hydroxyde in dem berechneten Mengenverhältnis und Ausglühen erhalten. Die Glühtemperatur soll Silberschmelzhitze nicht erheblich übersteigen, sofern durch die höhere Erhitzung nicht ein bestimmter Farbton angestrebt wird.

Eine beliebig lange Reihe prachtvoller blaugrüner Farbkörper erhält man dadurch, daß man dem Chromoxyd sich nach nach und nach steigernde Mengen Kobaltoxyd einverleibt (z. B. $5 Cr_2O_3 . CoO$ . . $4 Cr_2O_3 . CoO$ . . $Cr_2O_3 . CoO$). Bei stärkerer Zunahme des Kobaltoxyds geht die Farbe mehr und mehr in Schwarz

über. Beim Verdünnen dieser Farbkörper mit Tonerde oder Zinkoxyd oder mit beiden erhält man neue Reihen prächtiger Mischungen, wie z. B. $5\ Cr_2O_3 . Al_2O_3 . CoO$, $4\ Cr_2O_3 . Al_2O_3 . CoO$ . . $5\ Cr_2O_3 . ZnO . CoO$ . . . $4\ Cr_2O_3 . Al_2O_3 . ZnO . CoO$ usw. Es ist selbstverständlich, daß nicht immer ganze Molekülzahlen angewendet zu werden brauchen. Alle nur möglichen Zwischenglieder sind ebenso zulässig. Zur Darstellung schmilzt man die Alaune und Sulfate in der berechneten Menge im Kristallwasser und glüht bei der Temperatur des Kegels 9, oder man verreibt die Hydroxyde innigst miteinander und glüht ebenso stark. Ganz geringe Mengen von Eisenoxyd zum Chromoxyd hinzugefügt, etwa $2\ Cr_2O_3 . 0{,}05\ Fe_2O_3$, verändern das Grün des Chromoxyds bei starkem Erhitzen ganz erheblich und drängen es nach Olivgrün hinüber.

d) Blaue Farbkörper und Farben.

Das Kobaltoxyd löst sich in Glasflüssen mit tief dunkelblauer Farbe, zumal dann, wenn Alkali zugegen ist. Das feinzerriebene Glas bildet dann zugleich die blaue Farbe. Sein Schmelzpunkt muß natürlich der Temperatur, bei welcher die jeweiligen übrigen Farben eingebrannt zu werden pflegen, entsprechen. Ist der Schmelzfluß jedoch zugleich zinkoxydhaltig, so wird das übliche Kobaltblau feuriger und wärmer im Ton und nähert sich dem Blau der Kornblume oder dem des Ultramarins. In dieser Form findet es auch in der Porzellanmalerei als Ränderblau, Spritzblau usw. ausgiebige Verwendung.

Andere blaue Farbtöne werden durch die Verbindung des Kobaltoxyds mit der Tonerde erhalten. Mischt man zur Tonerde innigst kleine Mengen Kobaltoxydhydrat oder -karbonat und glüht bis zur Temperatur des Kegels 9, so erhält man, je nach der Kobaltmenge, schöne himmelblaue Farbkörper (z. B. $3\ Al_2O_3 . CoO$, $2\ Al_2O_3 . CoO$, $Al_2O_3 . CoO$). Geht man indessen mit dem Kobaltgehalt über 1 Mol. hinaus, so erhält man zunächst schöne blaugrüne Aluminate (z. B. $Al_2O_3 . 2\ CoO$, $Al_2O_3 . 3\ CoO$), dann aber unansehnliche schwarze Gemenge. Stark gehoben werden die himmelblauen Farbkörper durch gleichzeitigen Gehalt an Zinkoxyd (z. B. $2\ Al_2O_3 . CoO . ZnO$ usw.)

Vorzügliche Farbkörper liefern ferner die Silikate des Kobalts, so z. B. das Meta- und das Orthosilikat ($CoSiO_3$ und Co_2SiO_4). Man erhält sie als hellviolette Körper beim Glühen einer innigen Mischung von Kobalthydroxyd und hydratischer Kieselsäure bei der Temperatur des Kegels 9. Blaufärbung, und zwar solche, welche alle anderen Farbkörper übertrifft, tritt erst in Berührung mit der alkalihaltigen Glasur oder dem Fluß auf.

Alle diese Farbkörper eignen sich vortrefflich für Unterglasurfarben, selbst für die hohen Hitzegrade des Porzellanofens. Als Ueberglasurfarben finden sie dagegen nur beschränkte Anwendung, so z. B. zur Darstellung des sogen. Türkisblau und des Luftblaus unter den Porzellanfarben.

e) Gelbe Farbkörper und Farben.

An gelben Farbkörpern für Temperaturen, welche Silberschmelzhitze übersteigen, herrscht erheblicher Mangel, und diejenigen, die etwa vorhanden wären, wie z. B. die Titanate des Nickels, welche sich bei der Temperatur des Kegels 9 bilden, werden meistens von der Glasur zerstört. Dagegen ist die Steingutunter- und Porzellanüberglasurmalerei reichlich damit versehen. Die Grundlage aller dieser Farben ist das Neapelgelb, das antimonsaure Bleioxyd. Es wird erhalten, wenn man entweder Antimontrioxyd mit Bleinitrat oder auch mit Bleioxyd oder Mennige und Salpeter, letzteren als Oxydationsmittel, in den erforderlichen Mengenverhältnissen (1 : 3 bezw. 1 : 3 : 2 Mol. oder bei Mennige 1 : 1 : 1 Mol.) oder antimonsaures Kalium ($KSbO_3$) mit Bleioxyd (3 Mol.) oder Mennige (1 Mol.) zusammenschmilzt und die Temperatur nur so hoch steigert, bis die Reaktion eben beendet ist, d. h. ruhiger Fluß eingetreten ist. Nach dem feinen Zerreiben der Schmelze muß sorgfältiges Auswaschen platzgreifen. Durch Beigabe von mehr oder weniger Eisenoxyd kann die gelbe Farbe des Bleiantimonats mehr nach Rot, durch Einfügung von Borsäure oder Borax mehr nach Gelbgrün abgewandelt werden. Die feinzerriebenen Körper bilden ohne weiteres die Steingutunterglasurfarben. Für die Porzellanmalerei erfahren sie noch eine stärkere Verflüssigung durch Beigaben von Bleisilikat, wie weiter unten gezeigt werden wird.

Die mit Hilfe von Uranoxydkalium oder -natrium dargestellten Ueber- und Unterglasurfarben sind wegen ihrer Unzuverlässigkeit von nur geringer Bedeutung.

f) Braune Farbkörper.

Wenn man rotes Eisenoxyd mit nach und nach steigenden Mengen an Zinkoxyd glüht, so geht der rote Farbton allmählich in ein helles Braun über. Man kann die Versuche etwa bei $4\ Fe_2O_3 \cdot ZnO$ beginnen und bis $Fe_2O_3 \cdot 4\ ZnO$ fortführen. Man erhält so eine beliebig lange Reihe — je nachdem man die Zwischenglieder mehr oder weniger heranzieht — von schönen hellen Farbkörpern von Rotbraun bis Lichtbraun.

Eine andere Reihe sehr dunkler brauner Farbtöne ergibt sich durch die allmählich gesteigerte Einverleibung von Eisenoxyd zum

Chromoxyd. Die Abwandlung geht dann von Grün durch Olivgrün und Dunkel- fast Schwarzbraun hindurch zu Braunrot, Rotbraun und Rot. Man kann etwa mit 10 $Cr_2O_3 . Fe_2O_3$ beginnen und mit $Cr_2O_3 . 10 Fe_2O_3$ schließen ,wobei beliebige Glieder übersprungen werden können. Weil alle diese Farbkörper, auch die hellbraunen, sich bei höherer Temperatur stark verdichten und sowohl an Deck- wie Färbekraft einbüßen, so darf die Glühtemperatur sich nicht weit über Silberschmelzhitze hinaus erstrecken, u. U. eher darunter bleiben.

Sehr brauchbare braune Farbkörper liefert auch das Nickeloxyd, wenn es mit Eisen- oder Manganoxyd innigst vermischt und geglüht wird. Selbstverständlich kann es auch zur Abtönung der Chromeisen- oder Eisenzinkfarbkörper in ausgiebigster Weise verwendet werden.

Die Darstellung dieser Farbkörper kann wiederum auf verschiedenen Wegen stattfinden. Die beste bleibt immer die Fällung der Oxydgemische als Hydroxyde oder Karbonate aus sehr viel Wasser. Auch das Auswaschen, welches bei der Farbendarstellung von so großer Wichtigkeit ist, gelingt auf diese Art am besten. Das Filtrieren, Trocknen und die weitere Behandlung so umfangreicher Niederschläge ist freilich umständlich, wird aber durch die guten Erfolge wieder wettgemacht.

Eine andere Art besteht in dem Zusammenschmelzen der Alaune bezw. Sulfate in den berechneten Mengen im Kristallwaser, womöglich unter anfänglicher Zugabe von Wasser, denn dieses Verfahren soll zugleich die möglichst innige Mischung der Einzelbestandteile herbeiführen. Man trocknet dann allmählich ein, pulvert und glüht. Sorgfältigstes Auswaschen nach dem Glühen ist hier durchaus Bedingung, und zwar solange, bis Bariumchlorid keine Schwefelsäurereaktion mehr hervorbringt.

Eine dritte Art der Gewinnung der Farbkörper besteht in dem sorgfältigen Zusammenmischen der berechneten Mengen an Hydroxyden oder Karbonaten, jedenfalls Verbindungen, welche recht aufgelockert, d. h. noch nicht durch starkes Erhitzen oder gar Glühen verdichtet worden sind, durch Reiben auf der Palette oder durch Mahlung in der Kugelmühle. Weil diese käuflichen Substanzen sehr oft schlecht ausgewaschen sind, meist auch nicht denjenigen Gehalt an Wasser besitzen, der ihnen nach der Formel zukommt, sondern meist viel mehr, so ist bei der Berechnung möglichste Vorsicht am Platze und eine vorherige Bestimmung des Glühverlustes der Einzelbestandteile von großem Nutzen. Auf gutes Auswaschen ist auch hier besonderes Gewicht zu legen.

Die auf die eine oder andere Art erhaltenen Farbkörper dienen sowohl für Unterglasurfarben, zumal beim Steinzeug und Steingut,

als auch mit „Fluß“ versetzt ganz besonders zur Herstellung von Porzellanüberglasurfarben.

g) Schwarze Farbkörper.

Bei den schwarzen Farbkörpern handelt es sich entweder um ein sehr tiefes Braun oder um ein tiefes Blau, denn absolut schwarze Körper sind überhaupt nicht vorhanden, indessen doch einige, welche für sich allein oder in der Zusammensetzung mit anderen brauchbare schwarze Farben zu liefern imstande sind. Zu den ersteren gehört das allerdings sehr kostbare Iridiumsesquioxyd, eine zarte, tiefblauschwarze lockere Substanz, welche man durch Erhitzen einer innigen Mischung von reinem Iridiumsalmiak mit Soda bis zu dunkler Rotglut und Auswaschen mit verdünnter Säure, zuletzt mit reinem Wasser und Trocknen erhält. Es dient, mit Fluß versetzt, zur Bereitung der feinsten schwarzen Porzellanfarbe, welche insbesondere für feine Schrift Anwendung findet.

Das Kobaltoxydul, welches ebenfalls ein gutes Schwarz liefert, besitzt den Uebelstand, daß es von den als „Fluß“ benutzten Gläsern leicht angegriffen wird und diese blau färbt. Wenn man aber ein Lösungsgemisch von Kobalt- und Mangansulfat in viel Wasser und in dem Verhältnis, daß auf 1 Mol Kobaltoxydul ein solches von Manganoxydul kommt ($CoO . MnO$) mit Kalium- oder Natriumoxydhydrat (nicht Soda) fällt, auswäscht und bei 800° C glüht, so erhält man ein tiefschwarzes Oxydgemisch, welches mit einem geeigneten und durch Auflösen von ca 10 v. H. an Kobaltoxyd tief blau gefärbten Fluß ein schönes und tiefes Schwarz, welches als wohlfeilerer Ersatz des Iridiumschwarzes dienen kann, liefert.

Schwarze Farbkörper für Steingutunterglasurfarben sind verhältnismäßig leicht dadurch erhältlich, daß man alle diejenigen Oxyde, welche für sich oder zusammen mit anderen sehr dunkle Farbtöne erzeugen, in geeigneten Verhältnissen zusammenmischt und glüht. So z. B. liefert ein Gemenge von $Cr_2O_3 . Fe_2O_3$ ein tiefes Braun. Fügt man dieser Mischung mehr und mehr Kobaltoxyd hinzu, so wird sie sich im Farbton einer Grenze nähern, wo sie weder als Braun noch als Blau anzusprechen ist, also tief schwarz erscheint. Das nämliche trifft in vielen anderen Fällen, z. B. bei Anwendung von Gemischen von Eisen-, Mangan- und Chromoxyd, Kobalt-, Nickel-, Chrom- und Eisenoxyd usw. zu.

Graue Farben sind lediglich Verdünnungen der schwarzen. Sehr brauchbare, hitzebeständige, allerdings auch kostspielige graue Farben liefert das fein verteilte Platin als Farbkörper. Die Verdünnung der schwarzen Farbkörper erfolgt entweder durch reichlichen Zusatz von geeignetem farblosem Fluß oder durch Mischung

heller und dunkler fertiger Farben in geeigneten Verhältnissen, wie z. B. von Schwarz mit Hellgelb und dergl.

h) Weiße Farbkörper und Farben.

Weil die zur Verzierung kommenden Gefäße meist von weißer Farbe sind, so kann es sich lediglich um Farbgemische handeln, welche dazu bestimmt sind, auf die bunten Malereien an geeigneten Stellen als besondere Lichter aufgesetzt zu werden und dort etwa vorhandene Farbtönungen zu verdecken. Daher die Namen Aufsatzweiß, Deckweiß oder Blickweiß. Zur Darstellung dieser Farben bedient man sich des Zinnoxyds, welches mit geeigneten Flüssen nach Art der Schmelzglasur opake, leicht schmelzbare, weiße Gläser hervorbringt. Besser noch als das Zinnoxyd ist der sogen. Aescher, ein Oxydgemisch, welches man durch Verbrennung eines Metallgemenges von Zinn und Blei in den gewünschten, durch Rechnung festgestellten Verhältnissen (z. B. $SnO_2 . PbO$, $SnO_2 . 2 PbO$ usw.) als hellgelbes Pulver erhält.

Alle in diesem Abschnitt nicht erwähnten, aber in den Verzeichnissen der käuflichen Farben aufgeführten Verzierungs- und Färbemittel werden durch Mischung der Grundfarben untereinander erhalten.

Man kann sich natürlich auch noch anderer Verbindungen, z. B. der Phosphate, Arseniate, Molybdate, Wolframate, Zirkonate, Titanate usw. der färbenden Metalloxyde für die Farbendarstellung bedienen, sofern sie den unerläßlichen Anforderungen an die Deckkraft, die verhältnismäßige Wohlfeilheit der Rohstoffe bei gleichbleibender Beschaffenheit und die leichte Darstellungsmöglichkeit entsprechen. Das trifft indessen nur bei wenigen von ihnen wirklich zu.

2. Bereitung der Unterglasurfarben.

Nur verhältnismäßig wenige von den im vorhergehenden Kapitel kennen gelernten Farbkörpern können alsbald als Farbe Verwendung finden. Es bedarf dazu in der Regel noch einer besonderen Vorbereitung, von der im nachfolgenden die Rede sein soll.

a) Unterglasurfarben in der Form von Lösungen.

Als bestes Lösungsmittel gilt reines, wasserfreies Glyzerin. Das zu lösende Salz (Nitrat, Chlorid, Sulfat) wird in einer Reibschale fein zerrieben, dann mit der erforderlichen Menge an Glyzerin überschüttet und nochmals innigst mit diesem verrieben. Die Reibschale

wird am besten vorher auf dem Wasserbade angewärmt, weil geringe Wärme die Lösung beschleunigt. Sobald sich nichts mehr löst, füllt man die dickliche Flüssigkeit in geeignete Aufbewahrungsgefäße und läßt erforderlichen Falls absitzen. Die klare Lösung bildet die Farbe. Erforderlich ist, daß beim Malen mit dieser Flüssigkeit alles restlos aufgesaugt wird. Andernfalls entstehen Flecken. Als Verdünnungsmittel dient reines Glyzerin. Wasser ist möglichst fernzuhalten. Manche Lösungen, wie z. B. Urannitrat, setzen nachträglich zuweilen bedeutende Bodensätze ab. Es bleibt aber stets eine hinreichende Menge des Salzes in Lösung. Fast alle Lösungen sind ohne Zersetzung mit einander mischbar, etwa mit Ausnahme von Ammoniummolybdat und Urannitrat. In derartigen erprobten Lösungen wurden gefunden: Metallisches Gold: 6,91, met. Platin: 1,71, Kobaltoxyduloxyd: 16,06, Nickeloxyd: 15,5, Uranoxyd: 22,29, Chromoxyd: 12,77, Manganoxyd: 18,14, Eisenoxyd: 17,98 v. H.

In Glyzerin schwer oder unlösliche Salze, z. B. Ammoniummolybdat, löst man in der erforderlichen Menge Wasser, setzt die nötige Glyzerinmenge hinzu und dampft bis zur Sirupdicke ein.

Zur Verdünnung, bezw. zur Abtönung der Metalloxydfarben können auch Lösungen in Anwendung gebracht werden, welche für sich nicht färben, wie z. B. Zinnchlorür, welches manchen leicht zersetzlichen Lösungen hinzugefügt, sie haltbarer macht, Tonerdenitrat usw. Zur Beurteilung der Brauchbarkeit streicht man die Farben in schmalen Streifen nebeneinander und wiederholt dies nach dem Ausglühen, aber in dazu senkrechter Richtung. An den Kreuzungsstellen gewahrt man dann zugleich diejenigen Farbtöne, welche durch Ueberlagerung der einen mit der anderen, durch Mischung oder durch Verstärkung der einen durch sich selber entstehen. Jedesmaliges sorgfältiges Auswaschen des Pinsels vor Entnahme einer anderen Farbe ist selbstverständlich und insbesondere beim Golde dringend notwendig, weil seine Färbekraft durch kleine Verunreinigungen sehr beeinträchtigt wird.

b) Feste Farben für die Unterglasurmalerei.

Von dieser Art Farben, welche nicht in den Scherben eingesaugt werden, sondern auf seiner Oberfläche liegen bleiben, wird verlangt, daß sie während des Garbrandes nicht nur der Einwirkung des Scherbens einer- und der Glasur andrerseits Widerstand leisten, ihre Färbekraft beibehalten und womöglich noch kräftiger entwickeln, sondern auch, daß sie sich mit beiden fest zu einem Ganzen verbinden. Der Farbkörper muß sich daher mit steigender Temperatur verfestigen und der Glasur, während er am Scherben festhaftet, als Stützpunkt und Halt dienen. Andrerseits würde Abrollen der Glasur unvermeidlich werden. Während eine ganze An-

zahl von Farbkörpern diese Anforderungen ohne weiteres erfüllt, müssen andere, insbesondere tonerde-, chrom- und kieselsäurereiche mit auszuprobierenden Mengen solcher Substanzen versetzt werden, welche ihre Färbekraft und ihre Tönung nicht beeinflussen, dagegen die feste Verbindung mit Glasur und Scherben gewährleisten. Dahin gehören Massen, Glasuren, Feldspat, Kaoline, fette weißbrennende Tone, Flüsse, Fritten usw. Ein Zusatz von 5 bis 10 v. H. und darunter pflegt in der Regel hinreichend zu sein. Die Wirkung dieser Flußmittel darf indessen erst bei Temperaturen über Silberschmelzhitze oder beim Steingut über 700—800° C eintreten, denn beim Glasieren des Scherbens muß die Farbe noch porös sein, damit das Auflagern der Glasur keinerlei Störung erleidet. In vielen Fällen müssen die Farbkörper, namentlich die aus reinen Oxyden und Oxydgemischen, auch eine Verdünnung erfahren. Dazu eignen sich neutrale, scharfgebrannte und feingemahlene Körper, wie geglühte Tonerde, feingemahlene Biskuit- oder Glattscherben, gebrannte Kaoline usw. Derartige Zusätze sind bei denjenigen Unterglasurfarben, welche nach der Sättigung mit färbenden Lösungen durch Ausglühen gewonnen wurden, nicht immer notwendig.

Rote Unterglasurfarben: a) für hohe Temperaturen (Porzellan, Steinzeug). In Porzellanmasse eingelagertes feinstverteiltes Gold, ferner mit Mangansalzen getränkte und scharf geglühte Tonerde mit einem Gehalt von 0,15—0,20 Mol. MnO, Kupferaluminat und Chromtonerdefarbkörper in gleicher Weise erhalten. Letztere haben bei hohem Chromgehalt die Eigenschaft, bei Tageslicht an Wirkung einzubüßen.

b) für niedrigere Hitzegrade (Steingut): Eisenoxyd in Kaolin im Aufsaugeverfahren dargestellt, Eisenchlorid in Glyzerin als Lösungsfarbe und Pink- oder Nelkenfarbe.

Grüne Unterglasurfarben. Für hohe und niedere Temperatur: Chromoxyd als solches oder mit Tonerde verdünnt oder in Porzellan- oder Steingutmasse durch das Aufsaugeverfahren eingelagert. Abwandlungen durch Mischung mit anderen Farben, z.B. mit Gelb, für höhere Temperaturen mit Goldfarbe. Blaugrüne Töne werden mit Hülfe der zahlreichen Chromkobaltfarbkörper erhalten, welche zweckmäßig mit etwas Masse, Feldspat, Kaolin oder Glasur versetzt werden, um Abrollen der Glasurdecke zu vermeiden.

Blaue Farben. Für hohe und niedere Temperatur: Kobalttonerdefarbkörper, zweckmäßig mit etwas Versatz (5—10 v. H.) wie beim Blaugrün. Das nämliche gilt von den Silikaten des Kobalts, welche besonders reines tiefes und standhaftes Kobaltblau unter der Glasur liefern.

Braune Farben: a) für hohe Hitzegrade: Chromeisen- bezw. Chromeisenkobaltfarbkörper ohne Versatz. Ihre Beständigkeit ist nicht besonders ausgeprägt. b) für niedere Temperaturen gesellen sich zu diesen noch die Eisenzinkfarbkörper für helle Töne hinzu.

Schwarze Farben: a) für hohe Temperaturen: Iridiumsesquioxyd mit 5—10 Prozent Kaolin oder Porzellanmasse versetzt. Aufsaugefarben mit Uran-, Kobalt- und Nickeloxyd; Uran-, Kobalt-, Chrom-Eisenoxyd usw. b) für niedere Temperaturen: Die letztgenannten, dazu noch CoO . MnO und die Zusammenstellungen von Chrom-, Eisen-, Kobalt-, Manganoxyd usw.

Gelbe Farben a) für hohe Temperaturen sind kaum bekannt, gelbbraune liefert das Uran in Verbindung mit Zinnoxyd und das Nickel in solcher mit Titansäure. b) für niedere Temperaturen sind das Bleiantimonat und seine Abwandlungen in Anwendung.

Allerlei Zwischentöne werden durch ausgiebiges Mischen der Grundfarben dargestellt.

3. Bereitung der Ueberglasurfarben.

Die Ueberglasurfarben kommen für die Verzierung von Porzellan, Steingut und Schmelzware in gleicher Weise zur Anwendung. Die Brenntemperatur beträgt rund 800 ° C, bei Steingut und Schmelzware etwas weniger. Sie bestehen nur in wenigen Fällen aus farbigen Glasflüssen, welche, feingerieben, die Farbe bilden, in den meisten Fällen aus Farbkörpern einer- und Fluß andrerseits.

Flüsse.

Man versteht unter „Flüssen“ leichtschmelzbare Gläser, welche der Farbe nicht nur gleichmäßigen, der Glasur nahekommenden Glanz verleihen, sondern sie zugleich auch an der Oberfläche des Gegenstandes dauernd befestigen und vor Abnützung schützen. Weil nun viele von den färbenden Metalloxyden oder deren Gemischen als basische Körper sich in sauren Glasflüssen leicht lösen, diese Lösung aber zugleich Vernichtung der Farbe bedeutet, so muß unter den für den Zweck geeigneten Gläsern eine sorgfältige Auswahl getroffen werden. Basische Farbkörper werden also, um das Gelöstwerden zu vermeiden, mit basischen und saure mit sauren Flüssen zu vermischen sein. Weil aber die Borsäure bezw. die Borate sich ziemlich neutral verhalten, so gelingt es, diesen Gegensatz einigermaßen auszugleichen und weniger fühlbar zu machen. Das gewährleistet zugleich eine weitgehende Mischungsfähigkeit der Farben mit einander und somit eine fast unbegrenzte Ausdehnung des Farbenreichtums.

a) Flüsse für rote Farben:

1. $0{,}5\ SiO_2 \cdot PbO$ 2. $0{,}5\ SiO_2 \cdot 0{,}5\ B_2O_3 \cdot PbO$

3. $SiO_2 \cdot 0{,}3\ B_2O_3 \begin{cases} 0{,}15\ Na_2O \\ 0{,}85\ PbO \end{cases}$ 4. $0{,}25\ SiO_2 \cdot 0{,}5\ B_2O_3 \cdot PbO$

5. $SiO_2 \cdot B_2O_3 \cdot PbO$

b) Flüsse für violette (Purpur-) Farben:

1. $0{,}75\ SiO_2 \cdot 0{,}50\ B_2O_3 \begin{cases} 0{,}65\ PbO \\ 0{,}10\ K_2O \\ 0{,}25\ Na_2O \end{cases}$

2. $\left.\begin{matrix} 0{,}7\ PbO \\ 0{,}3\ Na_2O \end{matrix}\right\} 0{,}75\ B_2O_3 \cdot 1{,}5\ SiO_2$

3. $0{,}5\ SiO_2 \cdot 0{,}5\ B_2O_3 \cdot PbO$ 4. $SiO_2 \cdot PbO$

5. $SiO_2 \cdot 1{,}5\ B_2O_3 \cdot PbO$

c) Flüsse für grüne Farben:

1. $0{,}75\ SiO_2 \cdot 0{,}75\ B_2O_3 \cdot PbO$ 2. $0{,}5\ SiO_2 \cdot 1{,}0\ B_2O_3 \cdot PbO$

d) Flüsse für blaue Farben:

1. $1{,}5\ SiO_2 \cdot PbO$ 2. $0{,}5\ SiO_2 \cdot 1{,}0\ B_2O_3 \cdot PbO$

e) Flüsse für braune Farben:

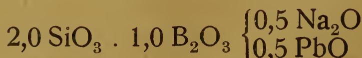
1. $SiO_2 \cdot PbO$ 2. $0{,}5\ SiO_2 \cdot 0{,}5\ B_2O_3 \cdot PbO$

3. $0{,}8\ SiO_2 \cdot 0{,}2\ B_2O_3 \begin{cases} 0{,}1\ Na_2O \\ 0{,}9\ PbO \end{cases}$

f) Flüsse für schwarze Farben:

1. $SiO_2 \cdot 0{,}2\ B_2O_3 \begin{cases} 0{,}1\ Na_2O \\ 0{,}9\ PbO \end{cases}$ 2. $0{,}25\ SiO_2 \cdot PbO$

g) Fluß für Deckweiß:



$$2{,}0\ SiO_3 \cdot 1{,}0\ B_2O_3 \begin{cases} 0{,}5\ Na_2O \\ 0{,}5\ PbO \end{cases}$$

Es ist keineswegs notwendig, sich streng an die Reihenfolge der Flüsse zu halten. Es soll lediglich die Mannigfaltigkeit

derartiger geeigneter Gläser vorgeführt werden. Im übrigen gibt es sogen. Generalflüsse wie z. B. b) 1 und 3., welche sich für fast alle Farben eignen. Wegen der Versatzberechnung vergl. Ker. Rechn. III S. 64 ff.

a) Eigentliche Farben.

Einige Beispiele werden genügen, um einen Einblick in die Technik der Farbendarstellung zu gewähren. Bei allen Farbenzusammenstellungen ohne Ausnahme muß die innigste Mischung der Bestandteile und die größtmögliche Feinheit des Korns angestrebt werden. Im großen bedient man sich zunächst der Kugelmühle zum Feinmahlen der Farbe. Nach dem Trocknen wird sie vor der Verwendung in kleinen Mengen nochmals auf der Palette fein abgerieben und wieder getrocknet. Hierauf erfolgt neuerliches Reiben mit Terpentinöl, zuletzt unter Hinzufügung von etwas Dicköl. In diesem Zustande erst ist die Farbe malfähig. Für kleineren Bedarf wird die ganze Arbeit, nachdem der Fluß in der Reibschale gehörig vorzerkleinert und in feines Pulver verwandelt worden ist, auf der Palette ausgeführt. Das Feinmahlen und erste Feinreiben geschieht immer wieder mit Wasser und wird nur bei den Purpuren gelegentlich mit Spiritus vorgenommen.

In manchen Fällen, besonders bei den Purpuren und dem Eisenrot empfiehlt es sich, die fertige, durch Feinmahlen mit Wasser erhaltene Farbe flach ausgebreitet in verglühten Schalen schwach anzufritten, jedoch nicht bis zum völligen Schmelzen; darauf muß natürlich neuerliches Feinmahlen stattfinden. Durch diese Maßnahme wird der Farbton vielfach vorteilhaft beeinflußt, ja nicht selten erst in der gewünschten Weise herbeigeführt.

a) Rote Farben:

1. Eisenrot (Pompadour).

1,0	Gwt.	hochrotes Eisenoxyd
4,0	„	Fluß für Rot 2)
5,0		

2. Gelbrot.

1,0	Gwt	Farbkörper ($Fe_2O_3 . Al_2O_3$)
4,5	„	Fluß für Rot 5)
5,5		

3. Feines Eisenrot.

1,0	Gwt.	schwach geglühtes Eisenoxyd
4,5	„	Fluß für Rot 4)
5,5		

Man unterscheidet außerdem eine lange Reihe anderer Farben, wie Blutrot, Rotbraun, Kastanienbraun, Caput mortuum usw., je

nach dem Farbton des verwendeten Eisenoxyds. Schöne gelbrote Farben können auch durch Mischung von eisenroten und gelben Farben in verschiedenen Verhältnissen mit oder ohne erneute Zugabe von „Fluß" gewonnen werden.

b) Violette Farben (Purpur):

1. Dunkelpurpur.

1,0	Gwt.	Purpurkörper (15%ig)
5,5	„	Fluß zu Purpur 2)
0,2	„	kohlensaures Silber
6,7		

2. Rosenpurpur.

1,0	Gwt.	Purpurkörper (5%ig)
5,5	„	Fluß zur Purpur 1)
0,3	„	kohlensaures Silber
6,8		

3. Rotviolett:

1,0	Gwt.	Purpurkörper (15%ig)
5,0	„	Fluß zu Purpur 1)
6,0		

Das Zusammenmahlen der Einzelbestandteile erfolgt zweckmäßig mit Spiritus, statt mit Wasser. Leichtes Anfritten der getrockneten Farbe und erneutes Feinmahlen wirkt günstig auf die Entwicklung de Farbtones.

c) Grüne Farben:

1. Chromgrün.

1,0	Gwt.	Chromoxyd
4,0	„	Fluß zu Grün 1)
5,0		

2. Blaugrün.

1,0	Gwt.	Blaugrünkörper ($2\,Cr_2O_3 \cdot CoO \cdot ZnO$)
4,5	„	Fluß zu Grün 2)
5,5		

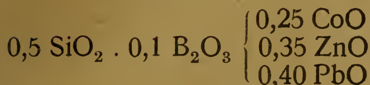
Gelbgrüne und blaugrüne Farben werden außerdem durch Mischung chromgrüner und chromblaugrüner mit gelben und blauen in den verschiedensten Verhältnissen erhalten.

d) Blaue Farben:

Bei den blauen Farben sind zunächst die direkt erschmolzenen von denjenigen aus Farbkörper und Fluß dargestellten zu unterscheiden.

α) Direkt erschmolzene.

Ränderblau.

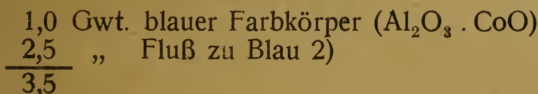


$$0{,}5\ SiO_2 \,.\, 0{,}1\ B_2O_3 \left\{ \begin{array}{l} 0{,}25\ CoO \\ 0{,}35\ ZnO \\ 0{,}40\ PbO \end{array} \right.$$

Durch Abwandlung dieser Formel werden andere Zusammensetzungen gewonnen. Die Einschmelztemperatur liegt nahe dem Kegel 1. Die feingepulverte Substanz, bei der alles Kobaltoxyd in Lösung gegangen sein muß, stellt die fertige Farbe dar.

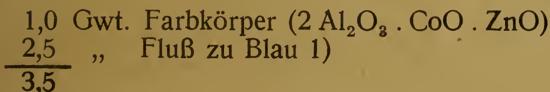
β) Aus Farbkörper und Fluß.

2. Hellblau.



1,0 Gwt. blauer Farbkörper ($Al_2O_3 \,.\, CoO$)
2,5 „ Fluß zu Blau 2)
3,5

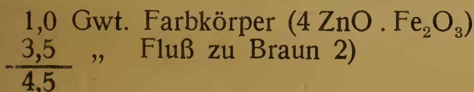
3. Himmelblau.



1,0 Gwt. Farbkörper ($2\ Al_2O_3 \,.\, CoO \,.\, ZnO$)
2,5 „ Fluß zu Blau 1)
3,5

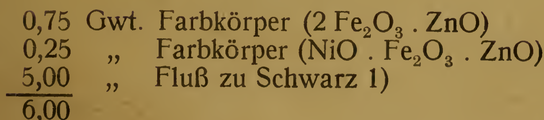
e) Braune Farben:

1. Lichtbraun.



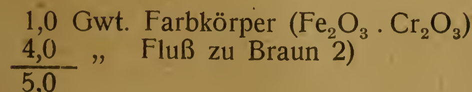
1,0 Gwt. Farbkörper ($4\ ZnO \,.\, Fe_2O_3$)
3,5 „ Fluß zu Braun 2)
4,5

2. Tiefbraun.



0,75 Gwt. Farbkörper ($2\ Fe_2O_3 \,.\, ZnO$)
0,25 „ Farbkörper ($NiO \,.\, Fe_2O_3 \,.\, ZnO$)
5,00 „ Fluß zu Schwarz 1)
6,00

3. Römischbraun.

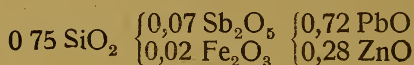


1,0 Gwt. Farbkörper ($Fe_2O_3 \,.\, Cr_2O_3$)
4,0 „ Fluß zu Braun 2)
5,0

f) Gelbe Farben:

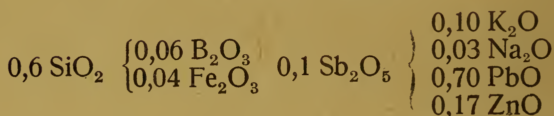
Die ausgesprochen gelben Farben werden ohne Ausnahme direkt erschmolzen, gepulvert und feingemahlen. Beim Einschmelzen der leichtflüssigen Versätze ist darauf zu achten, daß der Schmelzprozeß alsbald nach dem Aufhören der Gasentwicklung eingestellt wird. Andernfalls wird die Farbe durch die steigende Temperatur nachteilig beeinflußt oder gänzlich zerstört. Andere hierhergehörige Farben werden aus Farbkörper und Fluß dargestellt.

1. Dunkelgelb.



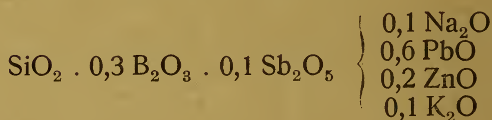
$$0{,}75\ SiO_2 \left\{\begin{matrix} 0{,}07\ Sb_2O_5 \\ 0{,}02\ Fe_2O_3 \end{matrix}\right. \left\{\begin{matrix} 0{,}72\ PbO \\ 0{,}28\ ZnO \end{matrix}\right.$$

2. Eigelb.



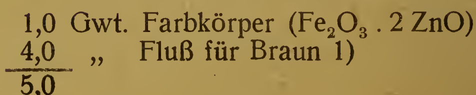
$$0{,}6\ SiO_2 \left\{\begin{matrix} 0{,}06\ B_2O_3 \\ 0{,}04\ Fe_2O_3 \end{matrix}\right. 0{,}1\ Sb_2O_5 \left\{\begin{matrix} 0{,}10\ K_2O \\ 0{,}03\ Na_2O \\ 0{,}70\ PbO \\ 0{,}17\ ZnO \end{matrix}\right.$$

3. Zitronengelb.



$$SiO_2 \,.\, 0{,}3\ B_2O_3 \,.\, 0{,}1\ Sb_2O_5 \left\{\begin{matrix} 0{,}1\ Na_2O \\ 0{,}6\ PbO \\ 0{,}2\ ZnO \\ 0{,}1\ K_2O \end{matrix}\right.$$

4. Ockergelb.

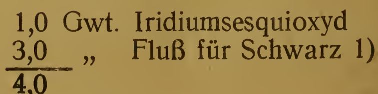


1,0 Gwt. Farbkörper ($Fe_2O_3 \,.\, 2\ ZnO$)
4,0 „ Fluß für Braun 1)
5,0

Viele andere vorwiegend gelbe Farbtöne werden durch Mischung mit grünen, blauen, roten Farben oder auch untereinander dargestellt.

g) Schwarze Farben:

1. Iridiumschwarz.



1,0 Gwt. Iridiumsesquioxyd
3,0 „ Fluß für Schwarz 1)
4,0

2. Schriftschwarz.

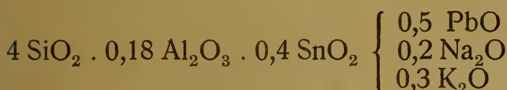
1,0 Gwt. Schwarzkörper (CoO . MnO)
2,0 „ Fluß für Braun 2) mit 5% darin gelöstem Kobaltoxyd
1,0 „ Fluß für Schwarz 2)
4,0

3. Tuschschwarz.

1,0 Gwt. Farbkörper (Co_2O_3 . Mn_2O_3 . Cr_2O_3)
2,0 „ Fluß zu Braun 1)
1,5 „ Fluß für Schwarz 1)
4,5

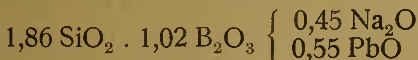
h) Weiße Farben:

1. Deck- oder Blickweiß.



$$4\,SiO_2 \,.\, 0{,}18\,Al_2O_3 \,.\, 0{,}4\,SnO_2 \left\{ \begin{array}{l} 0{,}5\ PbO \\ 0{,}2\,Na_2O \\ 0{,}3\,K_2O \end{array} \right.$$

2. Deckweiß nach Wächter



$$1{,}86\,SiO_2 \,.\, 1{,}02\,B_2O_3 \left\{ \begin{array}{l} 0{,}45\,Na_2O \\ 0{,}55\,PbO \end{array} \right.$$

Das Auftragen der Porzellanfarben erfordert große Sorgfalt und Uebung. Im allgemeinen dürfen sie in stärkster Lage nur so dick gelegt werden, daß man sie nach dem Aufbrennen kaum als über der Glasur erhaben fühlt. Andernfalls tritt leicht Abschuppung unter Zerstörung der Glasur ein. An dem Probeaufstrich muß ferner eine starke, mittlere und dünne Lage zu erkennen sein. Enthält eine Farbe zu wenig Fluß, so erscheint sie entweder ganz oder doch in der dünnen Lage matt. Ist zu viel Fluß vorhanden, so wird der Farbkörper angegriffen, z. T. gelöst oder in mißfarbige Substanz verwandelt, auch pflegt Abschuppung, bis in die Mittellage hinein, stattzufinden. Die Einbrenntemperatur beträgt ca 800° C. Allzulanges Verweilen in dieser Glut ist den Farben indessen nicht sehr zuträglich. Es wird daher zweckmäßig so schnell gekühlt, als es die verzierten Gegenstände nur eben vertragen, und zwar bis zum Verschwinden der hellen Rotglut. Von da ab ist langsames Kühlen geboten.

Als Malmittel dienen Terpentin- und Dicköl. Nur für ganz besondere Zwecke kommen auch noch andere Öle, wie Lavendelöl, Nel-

kenöl u. dergl. zur Anwendung. Unter Dicköl wird verharztes Terpentinöl verstanden. Es wird erhalten, wenn man Terpentinöl in offenen, nur mit Papierdeckeln vor Verstaubung geschützten Schalen bei Zimmertemperatur langsam verdunsten läßt. Nach Wochen und Monaten — je nach der benutzten Oelmenge — beträgt der Rückstand nur noch etwa $^1/_3$ des angewandten Oeles. Es ist zähflüssig, nur wenig getrübt und bildet in diesem Zustande das erwähnte Malmittel.

b) Emails.

Weiter oben wurde bereits erwähnt, daß es nicht leicht ist, geeignete Glasflüsse für die Emailverzierung der unter starker Glasurdruckspannung stehenden europäischen Hartporzellane zu finden. Am besten gelingt dies beim Einschmelzen der jeweilig angewandten Glasur mit etwa dem 3. Teil ihres Gewichtes an Borsäure, auf geschmolzene, bezw. auf im Feuer von flüchtigen Stoffen befreite Glasur bezogen. Die so bei sehr hoher Temperatur erschmolzenen klaren und zähflüssigen Gläser schmelzen dann schon bei Muffelfeuer, höchstens Silberschmelzhitze klar ein, ohne auseinander zu fließen. Man kann sie teils während des Einschmelzens, teils nach diesem mit geringen Mengen einverleibter, färbender Metalloxyde (Kobalt-, Chrom-, Uran-, Manganoxyd) färben. Im letzteren Fall kämen besonders Purpur, Eisenoxydtonerde und sonstige Farbkörper in Betracht. Für den Fall, daß es zweckdienlich erscheint, kann leichtes Anfritten und Wiederzerkleinern sattfinden. Malmittel, welche viel Kohle abscheiden, sind möglichst zu vermeiden. Am vorteilhaftesten ist die innige Vermischung mit etwa 10 v. H. an fettem, weißbrennendem Ton, der sich glatt auflöst.

Emails für Steinzeug, Steingut, Irdenware, Schmelzware sind — wie schon weiter oben bemerkt wurde — leicht dadurch zu gewinnen, daß man geeignete Fritten von Steingutglasuren oder diese selbst mit auszumittelnden Mengen irgendwelcher Steinzeugglasuren von der ungefähren Zusammensetzung des Kegels 4 einschmilzt und das erhaltene, zähflüssige, aber leicht schmelzende Glas im leicht angefärbten Zustande als Email verwendet.

Recht brauchbare Emails für den letzterwähnten Zweck liefert die Glasur

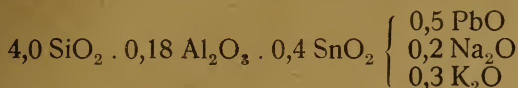


$$2{,}5\ SiO_2 \,.\, 0{,}2\ Al_2O_3 \left\{ \begin{array}{l} 0{,}7\ PbO \\ 0{,}3\ CaO \end{array} \right.$$

Zur Gewinnung farbiger Emailflüsse wird sie mit geringen Mengen färbender Metalloxyde eingeschmolzen.

Opake Emails gewinnt man noch leichter, weil fast jede Schmelzglasur — allerdings nicht bei Hartporzellan — für sich als Email-

weiß und, leicht angefärbt, als farbiges Email zu dienen vermag. Als recht brauchbar hierzu erwies sich die nachfolgende Glasur:



$$4{,}0\ SiO_2 \cdot 0{,}18\ Al_2O_3 \cdot 0{,}4\ SnO_2 \left\{ \begin{array}{l} 0{,}5\ PbO \\ 0{,}2\ Na_2O \\ 0{,}3\ K_2O \end{array} \right.$$

c) Goldfarben.

Man unterscheidet die sogen. echte Vergoldung von derjenigen mit Glanzgold, welche letztere zwar nicht minder „echt", indessen bei der dünneren Lage des Goldhäutchens und seiner mangelhaften Befestigung am Scherben stark dem Verschleiß ausgesetzt ist.

a) Echte Vergoldung.

Zum Zweck der echten Vergoldung ist es notwendig, das Gold zunächst in die Form eines zarten Pulvers zu bringen. Zu diesem Ende wird das feste im Handel erhältliche Goldblech in kleine Stücke zerschnitten, krumm gebogen und mit einer Mischung von 3 ccm käuflicher, konzentrierter Salzsäure und 1,2 ccm ebensolcher Salpetersäure auf je 1 Gramm Gold übergossen. Man läßt das Ganze mit einem Uhrglase oder einer Porzellansiebschale bedeckt über Nacht stehen, worauf sich das Gold bis auf geringe Reste gelöst haben muß. Man erhitzt nun zunächst bei bedeckter, dann bei offener Schale auf dem Wasserbade, wobei sich der Rest auflöst, und dampft bis zur Sirupdicke ein. Zur vollständigen Vertreibung der Salpetersäure wird nun noch einmal und mit Vorsicht ein Quantum (ca. 2 ccm auf 1 Gramm Gold) konzentrierter Salzsäure zugesetzt und erwärmt, worauf sich neuerdings unter Aufschäumen starke Dämpfe von Nitrosylchlorid entwickeln. Die Schale ist während dieser Zeit bedeckt zu halten. Man dampft wiederum ein und überzeugt sich durch Wiederholung des Versuchs mit wenig frischer Salzsäure von der Abwesenheit der Salpetersäure. Nach dem Erkalten wird die Lösung mit dem Zwei- bis Dreifachen ihres Umfanges an destilliertem Wasser verdünnt, bei welcher Gelegenheit sie sich durch einen feinen Niederschlag von dem stets vorhandenen Chlorsilber trübt. Nach der Klärung überführt man die Goldchloridlösung durch vorsichtiges Aufsaugen in einen Scheidetrichter und hängt diesen so über einem größeren Gefäß mit einer starken und frischen Lösung von Schwefeldioxyd in Wasser auf, daß die Ausflußmündung eben eintaucht. Man läßt dann die Goldlösung langsam und in dünnem Strahl in die Lösung von schwefliger Säure einfließen. War sämtliche überschüssige Salpetersäure vorher zerstört und vertrieben worden, so erfolgt die Reduktion ohne jede störende Gasentwickelung. Die Flüssigkeit trübt sich nach kurzer Zeit und läßt das metallische Gold in feinster Verteilung als ein braunes Pulver

zu Boden fallen. Ein Ueberschuß an Goldchlorid muß natürlich vermieden werden. Sämtliches Kupfer bleibt in Lösung. Man sammelt den Niederschlag und wäscht unter Kneten mit einem Hornlöffel mit Wasser so lange, bis alle schweflige und Salzsäure entfernt sind. Getrocknet wird auf dem Wasserbade. Jede über 100° C steigende Temperatur wirkt verdichtend und muß daher vermieden werden. Die Farbe des trockenen Goldes ist hell rötlich braun. Das Pulver darf bei peinlich eingehaltener Vorschrift keinerlei Goldflitter enthalten.

Von den zahlreichen Verfahren zur Goldreduktion ist die angegebene bei weitem die einfachste und beste, weshalb die übrigen hier übergangen werden können.

Ueber die Verfahren bei der Vergoldung vergl. weiter oben.

1. Ordinäres Gold.

Diese Mischung enthält in der Regel nur die Hälfte seines Gewichts und darunter an reinem Golde. Als Verdünnungsmittel dient rotes kristallisiertes Quecksilberoxyd, als Flußmittel basisch-salpetersaures Wismut. Der nachfolgende Versatz würde etwa der mittleren Zusammensetzung entsprechen:

50	Gwt.	metallisches Gold als Pulver
46	„	Quecksilberoxyd, krist.
4	„	basisches Wismutnitrat
100	Gwt.	

Das Vermischen der erwähnten Substanzen erfolgt zunächst in einer glasierten Reibschale und zweckmäßig unter Zugabe von etwas Alkohol (Spiritus), so daß allmählich ein dicklicher Brei entsteht. Nach dem Trocknen auf dem Wasserbade ist das Malgold fertig. Vor dem Auftragen hat indessen noch sorgfältiges Abreiben mit Terpentinöl auf der Palette stattzufinden, bevor das Gold, mit etwas Dicköl angemacht, seiner Bestimmung zugeführt werden kann.

2. Aufsatzgold.

Wie der Name bereits andeutet, dient dieses Gold in der Regel als Ueberzug von erhabener Pastenmalerei, welche im Feuer erweicht und das Festhaften des Goldüberzuges nach dem Erkalten vermittelt. Von einer Flußzugabe kann in diesem Falle also abgesehen werden. Um ihm die beliebte, grünliche Farbe zu erteilen, welche die im Feuer vergoldeten Bronzen besitzen, pflegt man dem Gemenge etwas metallisches Silber einzuverleiben. Weil es hier ferner auf eine reiche und gediegene Wirkung ankommt, wird die

übliche Verdünnung mit rotem Quecksilberoxyd ziemlich eingeschränkt. So z. B.

95	Gwt.	Goldpulver
1	„	metallisches Silber
4	„	Quecksilberoxyd, krist.
100	Gwt.	

An diese beiden Hauptmischungen lehnen sich eine Menge anderer an, welche meist nur den Zweck verfolgen, die Goldfarbe nach dieser oder jener Richtung abzutönen. Je mehr der Zusatz an metallischem Silber ansteigt, um so mehr geht der satte rotgelbe Ton des metallischen Goldes in ein blasses Grün über. Man erhält sogen. grünes Gold etwa durch die nachfolgende Mischung:

3. Grünes Gold.

50	Gwt.	Goldpulver
25	„	Silberpulver
20	„	rotes Quecksilberoxyd
5	„	basisches Wismutnitrat
100	Gwt.	

Ein Zusatz an feinverteiltem Platin verstärkt die rötlich braune Färbung des Goldes nicht unerheblich, so z. B. durch die nachfolgende Mischung:

4. Rotes Gold.

70	Gwt.	Goldpulver
5	„	Platinpulver
5	„	basisches Wismutnitrat
20	„	rotes Quecksilberoxyd
100	Gwt.	

b) Vergoldung durch Glanzgold.

Die bewährten Verfahren zur Herstellung von sogen. Glanzgold, welches zur Verzierung der billigen Massenware in großen Mengen verbraucht wird, sind meist geheim. Sie beruhen indessen sämtlich auf dem Umstande, daß eine Anzahl geschwefelter Oele imstande sind, Schwefelgold oder Goldchlorid zu lösen und längere Zeit in der Lösung zu erhalten. So z. B. Lavendelöl, Terpentinöl, Leinöl usw. Kocht man z. B. 80 Gwt. Lavendelöl mit 5 Gwt. Schwefelblumen solange, bis sich beim Erkalten kein Schwefel mehr ausscheidet, so ist diese Flüssigkeit imstande, bis zu 15 Gramm me-

tallisches Gold in Form von in absolutem Aether gelöstem Goldchlorid aufzunehmen und in Lösung zu erhalten. Die Mischung muß vorsichtig, nach und nach, unter Kühlung und ständigem Umschwenken bewirkt werden. Eine derartige Lösung, in dünner Schicht auf glasiertes Porzellan gestrichen, hinterläßt nach dem Verdunsten des flüchtigen Öles und nach demVerbrennen der glänzend schwarzen Kohle schon bei schwacher Rotglut ein glänzendes Goldhäutchen, welches ohne Flußmittel fest an der Unterlage haftet. Durch geringe Beigaben von Chloriden des Platins oder Iridiums wird die Farbe des reinen Goldes, welche immer einen unangenehmen schwärzlichen Ton besitzt, nach Gelbrot hin verstärkt, auch scheint die Lösung dadurch haltbarer zu werden. Auf poröse Unterlage gestrichen, erscheint das Gold nach dem Ausglühen als Purpur. Die käuflichen Glanzgoldlösungen enthalten in der Regel nicht mehr als 10—12 v. H. an metallischem Golde.

Frische, noch klebrige Glanzgoldmalerei kann, mit Goldpulver in geeigneter Form eingepudert, schöne Mattgoldüberzüge liefern.

d) Silberfarben.

In gleicher Weise wie das Gold, können auch andere Edelmetalle zur Verzierung keramischer Gegenstände zur Anwendung kommen, wenn sie in Bezug auf Verbrauch das Gold auch in keiner Weise erreichen. Metallisches Silber in Pulverform erhält man entweder durch Einlegen von Stäben reinen Zinks in feuchtes Chlorsilber oder besser durch dessen Erhitzen mit überschüssiger Kali- oder Natronlauge unter tropfenweiser, in größeren Zwischenräumen erfolgender Zugabe einer sehr schwachen Zuckerlösung. Sobald sich die Flüssigkeit vollkommen klärt, ist die Reaktion beendet. Man erhält dann das reine metallische Silber in Form eines schönen silbergrauen Pulvers. Seine weitere Behandlung und Verwendung für Verzierungszwecke ist jener beim Golde vollkommen ähnlich, nur daß die Verdünnung mit Quecksilberoxyd gewöhnlich unterbleibt.

Malsilber:

95	Gwt.	Silberpulver
5	„	basisches Wismutnitrat
100	Gwt.	

e) Platinfarben.

Weil das Platin unempfindlich gegen Schwefelwasserstoff ist, pflegt man es an Stelle des Silbers, dem es in der Farbe ähnlich sieht, in allen denjenigen Fällen anzuwenden, wo möglichste Unveränder-

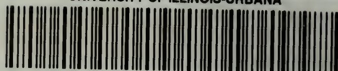
lichkeit des Metallüberzuges Bedingung ist. Seine Darstellung aus Platinchlorid erfolgt in genau derselben Weise, wie das bei der Reduktion des Chlorsilbers durch Alkali und Zuckerlösung angegeben ist, ebenso ist die Darstellung des Malplatins die nämliche.

f) Lüsterfarben.

In der nämlichen Art, wie das Goldchlorid sind auch die Chloride oder Nitrate anderer Elemente imstande, mit geschwefelten oder auch ungeschwefelten Oelen oder Harzen Verbindungen einzugehen und sich in einem Ueberschuß des Oeles oder, falls es sich um Harze handelt, in gewissen Oelen, wie Lavendel- oder Terpentinöl, aufzulösen. Beim Aufstreichen und Einbrennen hinterbleiben dann dünne, glänzende Oxydhäutchen in eigenartiger Färbung, z. T. mit Hochglanz und in den Farben des Regenbogens schillernd, zurück. Insbesondere sind es das Wismut- und das Bleioxyd, welche derartige Wirkungen besitzen. Eigentliche Lüsterfarben entstehen indessen erst, wenn man diese Lüster der unedlen Metalle mit geringen Mengen von Glanzgold, -silber oder -platin — besonders aber mit dem ersteren — versetzt. Mit Lavendelöl oder Lavendelölbalsam (geschwefeltes Lavendelöl) verdünntes Glanzgold liefert beim Einbrennen kein Goldhäutchen mehr, sondern einen, je nach der Menge, stärkeren oder schwächeren violetten Farbton, welcher durch die Lüster der unedlen Metalle in interessanter Weise abgetönt und z. T. auch völlig verändert wird. Man erhält auf diese Weise außer violetten, blaue, grüne, gelbe und braune Farbtöne, welche den damit verzierten Gegenständen, namentlich auch auf farbiger Glasur, einen eigenartigen Reiz verleihen. In neuerer Zeit ist zu diesen uralten Lüsterfarben noch der in seiner Wirkung alles überstrahlende Irislüster hinzugekommen, welcher, namentlich auf Glas, prächtige Wirkungen hervorruft, die indessen nicht lichtbeständig sind, sondern allmählich verblassen. Er besteht aus einer Titanverbindung in einer öligen Flüssigkeit.

Die Lüsterfarben tauchen von Zeit zu Zeit auf und verschwinden wieder. Eine größere oder bleibende Bedeutung haben sie nie gewonnen. —




UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 070665044